INRA mensuel

Juin 1996



Les domaines INRA du Pin-au-Haras
40 ans de recherche



40 ans de recherche

de l'herbe à l'animal, de la prairie au troupeau

Les domaines INRA du Pin-au-Haras



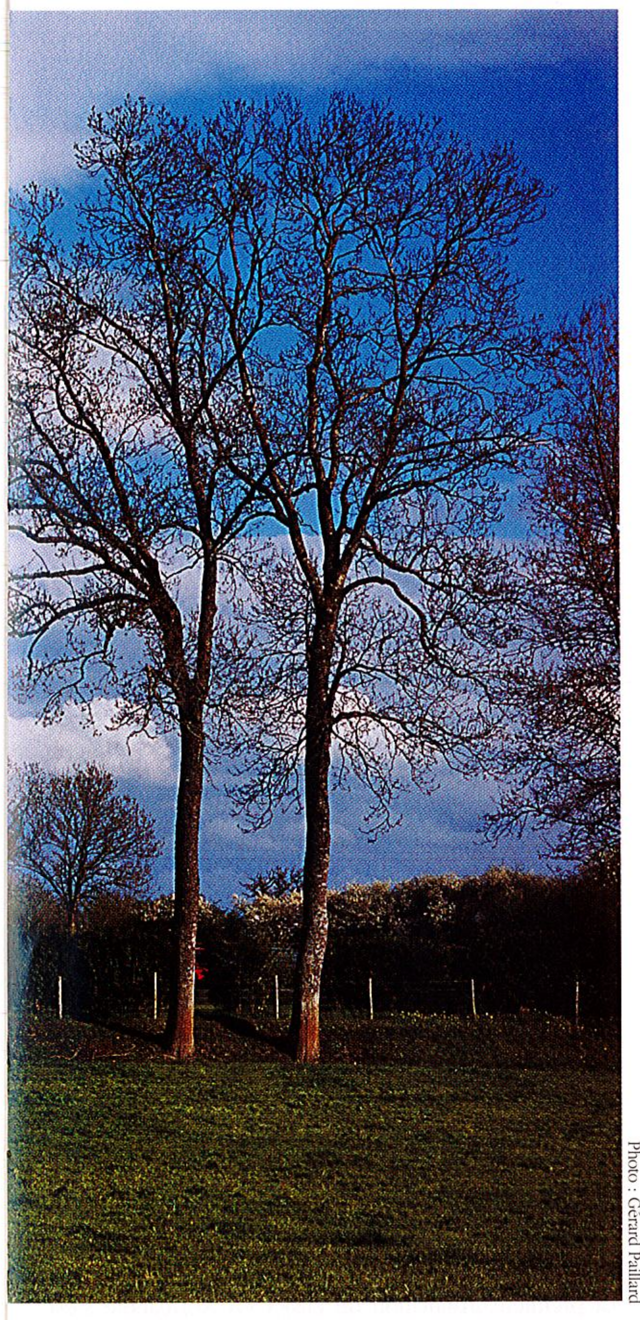
Tout au long de ce document, les domaines animal et végétal apparaissent sous plusieurs dénominations :
- domaine animal ou Borculo ou station d'expérimention animale
- domaine végétal ou fourrager ou Vieux Pin.

Depuis 40 ans, les domaines INRA du Vieux Pin et de Borculo au Pin-au-Haras sont consacrés à des recherches originales ayant trait à l'herbe et aux bovins qui l'utilisent pour produire du lait ou de la viande.

Un ensemble de recherches complémentaires

• En ce qui concerne l'herbe, un programme d'amélioration génétique est en cours ayant pour but la sélection de variétés de ray-grass italien et anglais ainsi que du maïs, complément de la prairie. L'évaluation des variétés est complète puisqu'elle porte sur l'adaptation au milieu, les qualités agronomiques et nutritionnelles. C'est le seul lieu de l'INRA où les essais variétaux sont conduits en conditions réelles de pâturage avec des bovins.

• Ce volet "herbe" est complété par des travaux d'agronomie sur la conduite des prairies destinés à maîtriser l'association graminées-trêfle blanc, à mieux connaître les conditions de réversibilité de la friche, à étudier l'interaction entre le couvert végétal et le chargement animal, intensif ou exten-


Photo : Gérard Paillard

sif, et à évaluer l'incidence du niveau de fertilisation minérale ou organique (déjections animales) sur le devenir de l'azote minéral dans le sol.

• L'effet de conduites intensives ou extensives sur les performances de l'animal, tant en production laitière qu'en production de viande, correspond à une thématique très active : la nutrition des bovins au pâturage.

• On a aussi étudié au pâturage les systèmes de production de viande de qualité, la conduite de troupeaux de vaches allaitantes et le mode d'élevage des génisses jusqu'au premier vêlage.

• Les études de génétique animale sont diversifiées. Pendant longtemps, le thème dominant a été l'étude comparée des performances (lait, viande, longévité) de la race Holstein, spécialisée en production laitière, et de la race Normande, à potentiel plus équilibré et peut-être plus adaptée à un contexte herbager. On a comparé ces deux races dans un environnement extensif à base d'herbe et dans un environnement plus intensif, avec recours plus important au maïs. Actuellement, la thématique vise à trouver les gènes qui différencient ces deux races.

Des domaines expérimentaux propres à l'INRA

Ces interactions entre divers thèmes ne pourraient être étudiées sans les conditions favorables offertes par les domaines expérimentaux propres à l'INRA. Ces domaines permettent à la recherche de travailler en vraie grandeur, sur des surfaces et des troupeaux de taille suffisante pour représenter la réalité dans l'espace et dans le temps, grâce à la répétition de mêmes expériences plusieurs années successives.

Ils permettent de faire converger sur un même objet et un même terrain différentes approches scientifiques et de considérer différentes échelles et niveaux d'organisation : de la plante à la parcelle, de l'animal au troupeau et au système d'exploitation agricole.

Ce sont des lieux où la recherche peut s'adapter aux variations du contexte agricole, de l'environnement et des réalités pratiques tout en gardant toujours un temps d'avance sur les besoins de la société : réhabilitation de la prairie permanente, simplification du pâturage, extensification, sélection de la race Normande...

Lieux de travail collectif et de collaboration étroite entre différentes disciplines, entre différents métiers, entre différentes catégories de personnel aux multiples compétences, théoriques et pratiques, ils permettent d'élaborer des liens entre la démarche scientifique et les pratiques de l'agriculteur éleveur dans un contexte expérimental.

Sommaire

Un film

"Des vaches, de l'herbe et la Normandie", un film de 13 minutes sur les recherches menées aux domaines INRA du Pin-au-Haras a été réalisé par Gérard Paillard. Des cassettes VHS seront disponibles dans chaque vidéothèque de centres et unités et à la direction de l'Information et de la Communication/ Audiovisuel Paris, auprès de Véronique Gavalda. Tél. 42 75 91 91. Fax. 42 75 92 05.

L'INRA et la Basse-Normandie



Photo : Gérard Paillard



Photo : Gérard Paillard



Photo : Daniel Leconte



Photo : Gérard Paillard

Quelques caractères du sol et du climat spécifiques de la Basse-Normandie

Le sol difficile à travailler et soumis à l'excès d'eau et le climat, avec des pluies fréquentes, expliquent que cette région fut pendant très longtemps couverte de prairies. Même si celles-ci tendent à se réduire, elles représentent encore actuellement plus de 60 % de la Surface Agricole Utile (SAU) en Basse-Normandie. Cette région se caractérise agronomiquement par les traits suivants :

• hors zones de montagne, c'est dans notre pays la région qui compte la plus grande proportion de prairies pérennes dans sa surface agricole utile,

• il lui est lié un élevage, bovin et chevalin, qui a fait ses preuves et qui se reconsidère, actuellement, face aux nouveaux enjeux des politiques agricoles, pour repartir d'un élan nouveau,

• un grand souci des problèmes de l'environnement avec une bonne anticipation par rapport à leur éventuelle manifestation : qu'il s'agisse de la protection contre les pollutions d'origine agricole ou de la préservation des paysages considérés comme représentatifs d'une certaine image de marque de la région, ou encore de la qualité des eaux des abondants ruisseaux, rivières et fleuves côtiers,

• un renouveau d'ordre qualitatif dans la perception d'une évolution alternative pour certains des produits de l'agriculture et de l'élevage, dans la perspective des plus-values de divers ordres qui peuvent en résulter : la qualité devient une donnée plurielle susceptible de générer un renouveau dans plusieurs filières. C'est ainsi que dans ce domaine, la Basse-Normandie plus que ses voisines, dispose de nombreuses A.O.C. qui peuvent être valorisées ou revalorisées.

De nombreux thèmes de recherches de l'INRA intéressent la Basse-Normandie

La première installation de l'INRA en Normandie s'est faite au Pin-au-Haras en 1957. Tout au long de ce document les travaux qui y sont conduits seront détaillés.

Puis progressivement se sont également développées des recherches, importantes pour la région, mises en place avec des équipes de recherche INRA extérieures :

• sur les pommes à cidre à Versailles, à partir de 1950, à Angers depuis 1974,

• sur le cidre à Rennes depuis plus de 30 ans : une meilleure connaissance des composés phénoliques, du phénomène de macération des tissus de pomme, de diverses technologies d'élaboration des cidres et poirés, du besoin en azote des levures fermentaires,

• sur la pathologie des espèces légumières, à Rennes, à partir de 1981 : sur la carotte, lutte contre les maladies liées à des champignons du sol (la pourriture hivernale

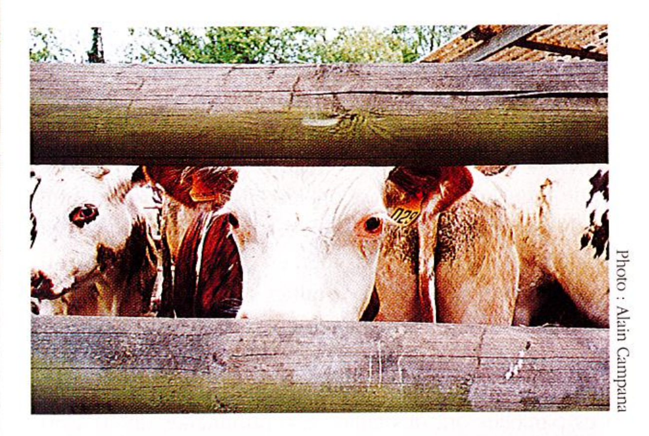


Photo : Alain Campana



Photo : Alain Campana

et la maladie de la tache) et étude des problèmes de conservation,

• à Jouy-en-Josas sur l'inhibition de bactéries pathogènes dont *Listeria,* ou indésirables, dans et sur les fromages fabriqués avec du lait cru,

• à Rennes sur l'écologie des salmonidés dans les fleuves côtiers,

• sur une approche socio-économique de l'environnement fondée sur les paysages : marais, boccages... de la région normande (Rennes, économie et sociologie rurales) en relation avec les contraintes des agriculteurs,

• avec l'inventaire des produits traditionnels des régions françaises et les fondements historiques des AOC fromagères...

• sur l'agro-écologie de la prairie en relation Angers-Le Pin à partir de 1975, et en relation Angers-Université de Caen à partir de 1980 : ces programmes ont ensuite donné lieu, par transfert du personnel INRA, à la mise en place du laboratoire associé INRA-Université de Caen en 1992 : Physiologie des espèces prairiales, agro-écologie de la prairie. Ils permettent de mieux étudier l'espace interdisciplinaire entre ces deux domaines conjoints et leur valorisation réciproque. Il en résulte une meilleure validation des résultats obtenus, tant au plan scientifique qu'au plan de leur valorisation agronomique.

Jean Salette,
Délégué régional de l'INRA,
Président du centre d'Angers.

Quelques données à propos de l'INRA en Basse-Normandie

• **Effectifs et programmes**

- Scientifiques et ingénieurs

Laboratoire Prairie Caen :	INRA	5,5
	Université	5,5
Domaines du Pin :		7

- Techniciens et administratifs

Domaines du Pin	43
Caen (Université)	4

- Programmes conduits en Basse-Normandie par ces chercheurs :
  Pôle Prairie (Caen, Le Pin, Le Robillard : 14 chercheurs, enseignants et ingénieurs)
  Elevage bovin (Le Pin : 6 ingénieurs)
  Recherches sur la qualité (1 ingénieur)

• **Thèmes des recherches entreprises sur des sites de la région Basse-Normandie par des chercheurs INRA non résidents**
Génétique bovine (Jouy en Josas)
Élevage laitier et valorisation de la prairie (Rennes)
Fonctionnement du couvert végétal (Lusignan, Poitou-Charentes)
Adaptation des herbivores aux milieux (Theix)
Croissance et métabolisme des herbivores (Theix)
Amélioration des espèces prairiales et du maïs (Clermont-Ferrand ; Lusignan ; Le Moulon ; Mons en Chaussée)
Maladies des cultures maraîchères intensives (Rennes)
Écologie des Salmonidés (Rennes)
Écologie du paysage rural (Rennes)
Fruits à cidre (Angers)
Technologie du cidre (Rennes)

• **Domaines expérimentaux (le Pin-au-Haras)**
Superficie totale : 430 ha (dont maïs : 42 ha)
Nombre d'animaux (bovins) : 1100
Lait produit par an : 1600 tonnes
Production moyenne par vache : 7000 kg
Visiteurs reçus annuellement : 700

• **Principales conventions de recherche INRA-partenaires**
Contrat de Plan État-Région (1994-1998) : financements équipements de laboratoires et expérimentations ; bourses (depuis 1991).
GIS-APEX : Groupement d'intérêt scientifique entre les partenaires suivants : INRA, Université de Caen, Chambre régionale d'Agriculture, DRAF, Lycée Agricole le Robillard, ITCF, Institut de l'Élevage ; sur le thème prairie, environnement, expérimentation.
INRA-SILEBAN (maladies des cultures maraîchères)
INRA-ANIEC (association interprofessionnelle de l'économie cidricole) : création variétale de pommiers à jus et à cidre
INRA-Comité des Fruits à cidre (travaux sur le cidre et le jus de pommes)
INRA-Conseil supérieur de la Pêche (écologie des salmonidés)
INRA-GEVES (expérimentation pour l'inscription au catalogue des variétés fourragères).

Le Pin-au-Haras histoire de recherches

1957... au coeur des herbages, des haies et des forêts, des allées aux grandes perspectives, un joyau rose, le Haras du Pin... haras royal, impérial, national. Un site noble, prestigieux, créé par Colbert ; la grande cour en fer à cheval résonne du pas des chevaux et du bruit des attelages. Dans ce lieu de tradition séculaire où règne alors Raoul de Montaigne, vicomte de Poncins, directeur du Haras, l'INRA vient de se voir affecté 208 hectares de prairies sur les 1100 du domaine. Les chevaux ne sont plus assez nombreux pour utiliser les 700 hectares d'herbages, loués en partie à des emboucheurs privés. À l'époque de l'expansion initiale de l'INRA il est judicieux d'utiliser ces hectares pour étudier au coeur de la Normandie l'amélioration et l'exploitation des prairies pour les productions de viande et de lait.

Nous sommes en pleine révolution fourragère qui vise à mettre en valeur les millions d'hectares d'herbe de France, le plus souvent très sous-exploités. Jean Rebischung, pionnier de cette révolution fourragère, de l'Amélioration des Plantes de Versailles (création des variétés de dactyles, fétuques...) et Robert Jarrige, de la station de l'Élevage à Jouy-en-Josas, pionnier de l'alimentation des ruminants, vont être les acteurs de cette implantation des ruminants sur deux parties du domaine : l'un de 90 hectares autour de l'ancien village du Pin, le "Vieux Pin", avec son église et son presbytère et des bâtiments classés monuments historiques sera consacré au secteur végétal (amélioration des plantes fourragères), l'autre, "Borculo" (du nom d'un étalon espagnol occupant ce lieu) au coeur des herbages, autour d'une simple écurie isolée sera consacré au secteur animal, à l'élevage et à l'exploitation des prairies et plus tard à la génétique bovine.

Tradition et modernité : confrontation de deux cultures

La confrontation entre, d'une part la tradition représentée par les officiers des haras, leurs gardes, leurs chevaux, leurs modes d'élevage et d'organisation, et aussi par le conservateur des bâtiments publics et palais nationaux et d'autre part, les jeunes chercheurs en zootechnie sera, au départ, parfois difficile.

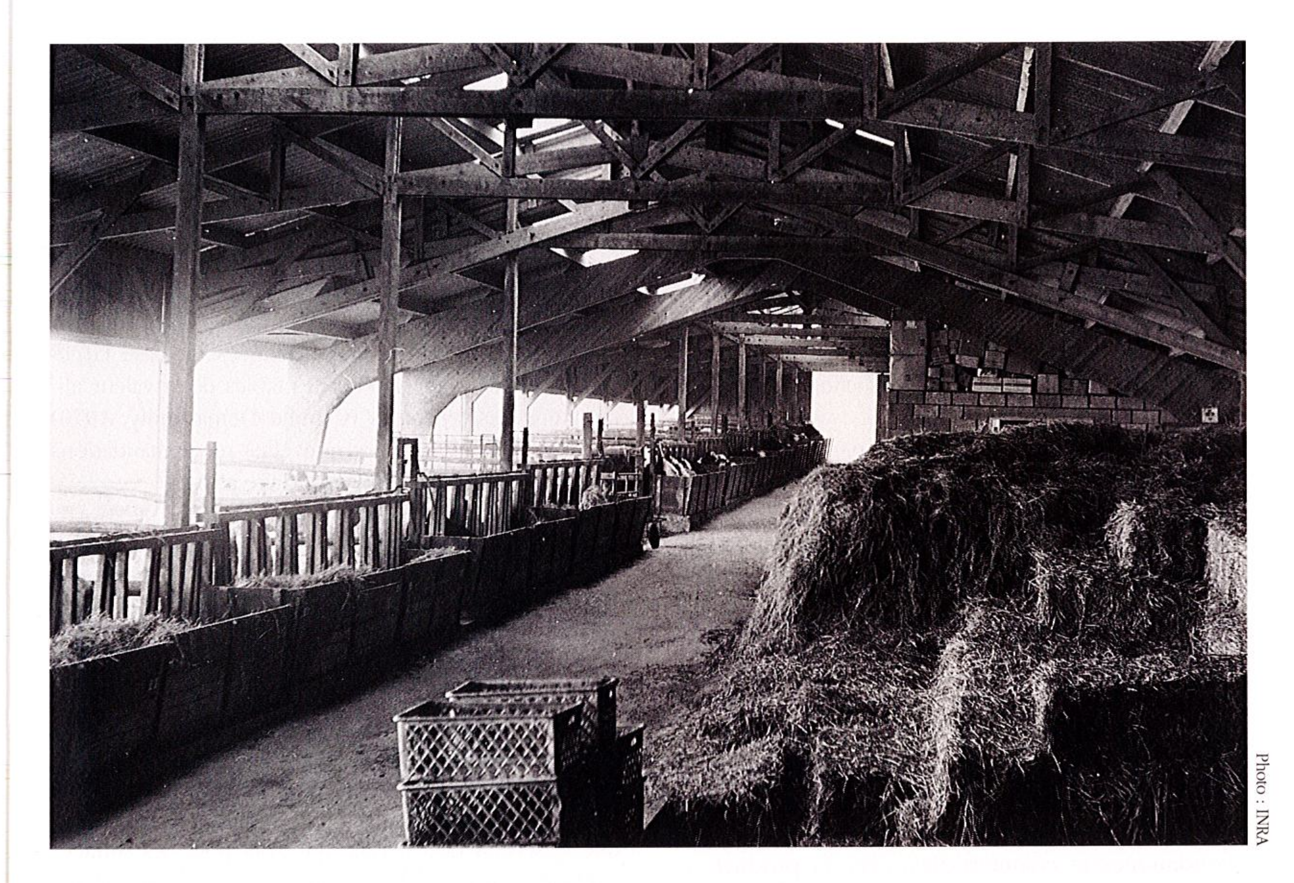
Un projet d'implantation près de Borculo d'un ensemble de bâtiments expérimentaux, de laboratoires et de logements du personnel qui amorceraient la création d'un petit centre de recherches sur les herbages (un "french grassland research institute", par analogie avec l'Angleterre) se voit rejeté par les beaux-arts déjà horrifiés par la construction quasi clandestine en 1958 du premier hangar "Intrabois" de l'INRA (toujours debout et utilisé malgré son caractère "provisoire").

Les parcelles sont souvent très dégradées car sous-exploitées et leur flore est peu appréciée des agronomes fourragers de Rouen (Louis Hédin, Michel Kerguelen, Germaine Ricou). Certaines prairies entourées de bois, "le Maquis", "l'Ermite", "la Retraite", portent bien leur nom. Le sol argileux est très hydromorphe et les bêtes s'y enfoncent au printemps, à l'automne et en hiver si on les laisse dehors, ce que nous faisons faute de bâtiments. Nous labourons ces prairies permanentes considérées comme de mauvaise qualité pour resemer des prairies temporaires avec les nouvelles espèces améliorées pures, voire en mélange, pour produire davantage d'herbe de meilleure qualité et pour étudier leur mode d'utilisation au pâturage.

Ces parcelles ont des tailles exceptionnelles de 10 à 50 hectares d'un seul tenant exploitées ainsi depuis des siècles ; un lieu idéal, unique, pour tailler dans une grande parcelle des dispositifs expérimentaux. Toucher à ces prairies, dont beaucoup n'avaient pas vu la charrue depuis Colbert, apparaît un sacrilège pour certains et la certitude d'un échec retentissant. Face aux résultats obtenus, petit à petit les difficultés s'aplanissent entre le Haras et ses nouveaux locataires de la recherche, même lorsque les jus d'ensilages d'herbe parviendront à détruire des arbres magnifiques dans certaines haies ; délit écologique que l'INRA doit bien reconnaître et qui le sensibilisera avant l'heure au respect de l'environnement. Les beaux-arts nous forceront à abaisser trois travées centrales d'un hangar pour rompre la monotonie de sa ligne et nous obligeront à réaliser toutes nos constructions ultérieures dans les prés au fond des bois (Maquis, Ermite). Ces bâtiments seront très isolés, mais nombreux à partir de 1967 grâce aux crédits affectés aux recherches en génétique bovine par le Ministre de l'Agriculture, Edgar Faure, dans le cadre de la loi sur l'élevage élaborée par son conseiller Jacques Poly.

Un domaine végétal autonome

Le domaine du Vieux Pin qui respecte bien les contraintes liées à la beauté du site, s'organise avec ses 77 hectares au départ (13 hectares seront acquis en 1972 sur des terres calcaires lors du nécessaire développement de la culture du maïs) sous la conduite de René Laissus, remarquable agronome, responsable du domaine, vulgarisateur (et maire de la commune du Pin-au-Haras durant 12 années). Il associe l'expérimentation sur les espèces et variétés proposées par le département d'amélioration des plantes en conditions de fauche mais aussi de pâture à une agronomie de la prairie normande dont il sera l'un des rares acteurs de l'INRA après le départ des chercheurs fourragers de la station de Rouen et jusqu'à l'arrivée de ceux d'Angers, Jean Salette et Gilles Lemaire. Il utilisera successivement toutes les catégories de troupeaux installés sur son domaine (boeufs et génisses en croissance, boeufs à l'engrais,


Photo : INRA

vaches laitières, vaches allaitantes) pour consommer et valoriser l'herbe de ses prairies. Mais ces troupeaux (de même que le matériel, le budget, le personnel) resteront distincts de ceux du secteur animal qui occupe de l'autre côté de la route nationale et du haras l'essentiel des herbages mis à disposition de l'INRA.
Cette séparation initiale en deux domaines INRA (le Vieux Pin et Borculo) demeure encore aujourd'hui, reflet et symbole de la distinction entre l'herbe qui relève de la production végétale et sa transformation par les animaux qui relève de la production animale. Dans tous les pays, toutes les institutions de recherche, d'enseignement, de développement *, l'herbe est ainsi écartelée entre des secteurs différents et la synthèse en est rendue bien difficile. Si l'interaction entre l'herbe et l'animal, qui est au coeur des problèmes d'amélioration de la production et de l'utilisation de l'herbe pâturée, fait l'objet de bien des projets de travaux entre disciplines (et va même jusqu'à s'exprimer en termes d'interactions entre prairie et troupeau), on n'est encore parvenu qu'exceptionnellement à une bonne intégration des diverses démarches de recherches ou à un enseignement cohérent de l'ensemble.

Un domaine animal en expansion

Le domaine animal aura une histoire plus mouvementée que celle de son voisin du secteur végétal. Il sera d'abord conquérant en surfaces et en troupeaux.
Au départ, au bord de 152 hectares de prairies, en grandes parcelles, il y a l'écurie de Borculo transformée en bureaux et logements, un baraquement, bâtiment provisoire hérité de la campagne de Normandie de 1944 (il avait servi de poste à la ville de Trun) ; un et bientôt deux hangars et des parcs extérieurs pour hiverner les animaux, des chemins et des abords très boueux dans un paysage magnifique souvent brumeux. Jacques Pluvinage, ingénieur agronome, fils d'une famille d'agriculteurs agronomes [1], est le pionnier qui, avec Gilbert Cuylle et Robert Jailler les premiers techniciens et la petite équipe d'une dizaine d'ouvriers, transforma cet ensemble en domaine expérimental fonctionnel et efficace. Sous la direction de Robert Jarrige, on y étudie l'exploitation du pâturage pour les bovins en croissance et à l'engrais (Claude Béranger) et la valeur alimentaire de l'herbe (prairie naturelle et prairie semée de diverses espèces) au cours de la saison végétative et aussi après récolte en foin ou ensilage (Camille Demarquilly).

La production de viande à l'herbe et l'utilisation des fourrages

Des boeufs Normands et Charolais engraissés dans les prés entre 2 et 3 ans, des génisses, un petit troupeau de vaches Charolaises et des brebis de 4 races herbagères en comparaison (Roger Boccard puis Robert Pinot-Périgord de Villechenon) exploitent le domaine. Par rapport à l'embouche classique on cherche à accroître la production de viande par animal et surtout par hectare et par an en accroissant la production d'herbe (fertilisation, labours et semis avec les espèces améliorées) et son utilisation (chargement optimum en animaux par hectare, rythme d'exploitation en rotation successive entre parcelles). Tous ces paramètres font l'objet d'expériences en vraie grandeur durant plusieurs années consécutives (3 à 5 ans) sur de grandes surfaces avec un nombre élevé d'animaux (8 à 15 par traitement).

[1] Venant du CETA de Loudéac et qui sera après son séjour au Pin, directeur de la Chambre d'agriculture des Côtes du Nord puis directeur de l'ITEB.

* En France, entre l'Institut de l'Elevage et l'Institut Technique des Céréales et des Fourrages.

Au coeur de la Normandie herbagère on montre qu'on peut passer d'une production de 250 à 300 kg de gain de poids vif par hectare à plus de 800 kg par hectare d'herbe pâturée tout en engraissant à l'herbe 80 % des boeufs, donc en maintenant la production individuelle et la qualité bouchère des animaux.
Ensuite on poursuit l'intensification par la production d'animaux plus jeunes fournissant plus de viande par animal et par an, des bouvillons de 18/20 mois finis au pâturage avec un complément de céréales, des jeunes taureaux qui ne parviennent pas à s'engraisser suffisamment au pâturage, mais sont "finis" rapidement à l'auge à 2 ans, l'hiver suivant. La conduite des troupeaux de taurillons à l'herbe apparaissait alors inconcevable, hormis dans les monts de l'Aubrac où nous l'avions observée ; elle se développera dans le centre de la France.
La production moderne de viande bovine à l'herbe s'est ainsi élaborée en grande partie sur les herbages du Pin, en compétition souvent défavorable, pour des raisons économiques et commerciales, avec la production intensive de taurillon à l'auge à partir d'ensilage de maïs ou de céréales et de sous-produits industriels.

Intensifier tout en explorant simultanément une grande diversité de situations

L'excès d'eau au printemps et en automne demeure un facteur limitant de l'amélioration de la production et de l'utilisation de l'herbe. Le drainage d'une grande partie des parcelles du domaine sera progressivement réalisé avec l'aide des chercheurs de Sciences du Sol (Dijon, Orléans) et permettra d'accroître et de régulariser la production. Il permettra aussi de cultiver certaines surfaces en maïs pour l'ensilage assurant ainsi l'intégration partielle de ce domaine herbager dans le système intensif de l'Ouest de la France. Les chercheurs de l'amélioration des plantes sélectionnaient à la même époque au Vieux Pin le ray-grass d'Italie, complément du maïs dans ces systèmes fourragers pour vaches laitières et taurillons à l'engrais.
Toutefois, une des chances de ce domaine est d'avoir sans cesse travaillé dans la diversité des situations. On a toujours maintenu des surfaces en prairie permanente, plus ou moins intensive et contribué à la réhabilitation progressive de ces prairies, désormais bien conduites, dans les systèmes fourragers modernes.
Tous les types d'animaux ont été utilisés dans les travaux de l'élevage viande au Pin : boeufs, jeunes ou âgés, taurillons à l'auge et taureaux de 2 ans à l'herbe, vaches laitières de réforme à l'engrais (premiers travaux sur le sujet en France), génisses et bouvillons en croissance de race laitière ou à viande, vaches allaitantes.
Tous les résultats ainsi accumulés, au pâturage ou sur la valeur alimentaire de l'herbe et des fourrages mesurés grâce à des moutons en cage à bilan et dans les essais hivernaux d'alimentation ont permis la mise au point des modes d'exploitation de l'herbe et des systèmes herbagers de production de viande et également de fournir des connaissances et données de base largement utilisées pour élaborer les tables de la valeur alimentaire des fourrages (Camille Demarquilly, 1970) puis en 1978 et 1988 les nouvelles recommandations alimentaires pour les ruminants (livre rouge) [2].

Premiers travaux de génétique des bovins laitiers

Le transfert en 1966 à Clermont-Ferrand-Theix des chercheurs sur l'élevage qui travaillent beaucoup au Pin depuis Jouy-en-Josas (Claude Béranger, Camille Demarquilly, Michel Petit) ou le départ de certains vers d'autres cieux (Michel Chenost, Robert Pinot), marquent un tournant dans l'histoire du domaine animal. Alors que le secteur de l'élevage qui avait porté les surfaces exploitées au Pin à 282 hectares, s'étendait par ailleurs en surfaces et troupeaux en Auvergne (bientôt 1000 hectares) il lui paraissait difficile, malgré le souhait du directeur général, Jean Bustarret, d'exploiter expérimentalement tout cet ensemble.
Les chercheurs en génétique bovine qui n'avaient encore jamais pu disposer de domaines et de troupeaux expérimentaux pour leurs travaux, bénéficiant de moyens nouveaux apportés avec la loi sur l'élevage, développèrent un troupeau laitier expérimental au Pin-au-Haras [3]. Le drainage des prairies et la culture du maïs-ensilage permettaient en effet l'installation des vaches laitières. L'autorisation de bâtir au fond du domaine (à l'Ermite) permettait la construction d'étables, de bureaux, d'ateliers, de logements et d'un bâtiment social. Sans accroître notablement sa surface (340 hectares en 1973), le domaine animal du Pin connut alors un fort développement avec la cohabitation de deux départements (génétique et élevage) au sein d'un même domaine ; en effet les 130 vaches laitières (et leur suite) implantées par la recherche en génétique animale ne pouvaient valoriser tout le domaine dont la moitié resta affectée aux recherches en élevage sur la production de viande (vaches allaitantes, croissance et engraissement) et sur les fourrages.
Alfred Muller, qui avait succédé à Jacques Pluvinage à la direction du domaine de Borculo dès 1960 et avait assuré la première phase du travail de l'élevage, se trouve ainsi avec une équipe renforcée en personnel, à la tête d'un des 3 plus grands domaines du secteur animal de l'INRA, passant de sa ferme où il exploitait 20 vaches laitières, jusqu'en 1960 à plus de 1000 têtes de bovins.
Il devient aussi le coordinateur voire l'arbitre des demandes et besoins conjugués des deux secteurs de recherche animale coexistant sur le domaine et assure avec rigueur, autorité et habileté l'optimisation de la

[2] "Alimentation des bovins, ovins et caprins" de R. Jarrige, Éditions INRA Versailles. 1978, 1988.

[3] Ainsi que des troupeaux de vaches allaitantes à Bourges et à Carmaux, de brebis laitières à La Fage et un atelier d'engraissement de jeunes bovins à La Minière.

gestion du domaine et de la conduite des différentes expériences, de plus en plus nombreuses et complexes avec plusieurs patrons scientifiques.
La première grande expérience de génétique (Jean-Jacques Colleau) qui durera de 1967 à 1978 cherche à préciser les relations ou oppositions entre les aptitudes laitières et les aptitudes viande, au coeur du vieux débat sur l'intérêt des races mixtes (dont la Normande est le type en France) ou des croisements pour obtenir les mêmes équilibres entre productions. La vache à haut niveau de production laitière, Holstein importée du Canada, entre au Pin pour être comparée à la vache normande et à son croisement Holstein x Normand. Simultanément des vaches Charolaises sont traites et exploitées comme des vaches laitières et comparées avec les Normandes et les croisées Charolaises x Normandes. Les Holstein après quelques difficultés s'adaptent au Pin tandis que les Charolaises supportent mal la traite. Outre les données de base pour les connaissances génétiques, ces travaux confirment l'intérêt de la spécialisation en lait ou en viande et renforcent la race pure plutôt que le croisement.

L'alimentation et le pâturage des vaches allaitantes

Parallèlement au troupeau de vaches laitières du département de Génétique animale, le secteur de l'élevage installe à la même époque, un troupeau de vaches allaitantes de races Normandes, Charolaises et de leur croisement Charolais x Normand.
Ces vaches allaitantes font également l'objet de travaux sur l'intensification de leur production en faisant allaiter deux (voire 4) veaux par vache Normande et en profitant de la longueur et de la période du pâturage pour obtenir des veaux lourds à l'automne. Des mesures sur l'ingestion du lait et d'herbe par les veaux ont fourni des bases pour les recommandations alimentaires. On cherche à accroître le chargement en couples mères-veaux par hectare pâturé, avec ou sans complémentation en concentrés des veaux.
Dans le souci de réduire les coûts d'alimentation hivernale et de comparer les aptitudes entre différentes races, on a étudié l'effet d'une restriction alimentaire durant plusieurs hivers consécutifs. Les bases de l'exploitation des troupeaux de vaches allaitantes en zone herbagère intensive qui se développera bientôt dans l'Ouest à la faveur des quotas de production laitière, s'établissent ainsi progressivement au domaine du Pin.

Le cheval de retour

À cette époque un autre animal s'introduit au Pin dans les recherches animales, le maître traditionnel de ces


Photo : Gérard Paillard

lieux, le cheval. L'élevage relance en effet les recherches sur l'alimentation et la conduite des chevaux lourds pour la production de viande et l'exploitation du pâturage par les poulains en croissance ou à l'engrais. Les recherches sur le cheval à l'INRA se développent à partir de 1971 dans le cadre d'un contrat entre le Service des Haras et l'INRA. Le cheval pâture différemment des bovins mais exploite bien l'herbe intensive surtout en association avec eux. Les relations avec les collègues du Haras s'intensifient et eux-mêmes mettent en place des travaux expérimentaux sur l'élevage et le pâturage du poulain de selle et sur la reproduction ; ce qui amène à remettre des juments dans les superbes bâtiments de la jumenterie et dans les parcelles de prairies du même nom.

Le pâturage des vaches laitières

Les vaches laitières continuèrent leur développement au domaine du Pin lorsque des chercheurs de l'Élevage partis à Theix en 1965, gagnent Rennes en 1980 pour y développer les recherches sur l'alimentation et la conduite des vaches laitières, dans la région Ouest qui revendique à juste titre sa prééminence dans la production laitière française.
Le domaine du Pin se prête magnifiquement à l'expérimentation, en vraie grandeur sur le pâturage des vaches laitières. Le troupeau de 80 vaches (Holstein et Normandes) remplace les vaches allaitantes (hormis les Charolaises qui forment le noyau d'un futur troupeau à développer). Les premiers travaux chercheront à quantifier l'effet du chargement et du niveau des apports d'aliments concentrés en complément du pâturage sur les performances de production des vaches.

Les années 80 : changement de conjoncture

Les chercheurs avec les éleveurs et leurs techniciens sont progressivement confrontés à de nouveaux problèmes :
• en matière de sélection laitière, la poursuite de l'accroissement continu du potentiel laitier en race

Holstein mais aussi en race Normande est-il compatible avec une production laitière en zone herbagère, économe, sans beaucoup d'ensilage de maïs et d'aliments concentrés ? La seconde grande expérience sur le troupeau de la Génétique animale fera collaborer étroitement les chercheurs de cette discipline avec leurs collègues de l'élevage (Michel Journet et André Hoden) sur l'interaction entre le génotype (Holstein super productive, Holstein moyenne, Normande super) et le milieu (niveau et nature de l'alimentation principalement). Conçue dès 1979, à l'initiative de Jacques Poly et Robert Jarrige, cette expérience se poursuivra jusqu'en 1993, dans la période où les quotas de production laitière imposés par la PAC et la recherche d'une plus grande valorisation des fourrages et des surfaces en herbe justifient de plus en plus cette comparaison,

- en matière d'exploitation des prairies il s'agit d'abord de simplifier la conduite du pâturage et de réduire les coûts ; ce qui entraînera des travaux sur le pâturage intensif libre pour les bovins en croissance [4] et sur le pâturage tournant simplifié [5] pour les vaches laitières ainsi que sur la réduction de la complémentation au pâturage.

[4] Voir le texte sur "Les bovins en croissance et à l'engrais".

[5] Voir le texte sur "La conduite et l'alimentation des vaches laitières".

Parallèlement, au domaine du Vieux Pin, on étudie le semis sans labour qui réduit les coûts de rénovation des prairies et laisse travailler les vers de terre à la place de l'homme. On développe également les travaux sur les associations graminées-trèfle blanc en étudiant le maintien et l'augmentation de la proportion de trèfle sous l'effet des modes de conduite et de fertilisation des prairies.
Optimiser la fertilisation azotée pour réduire son coût, mais aussi ses effets négatifs sur l'environnement à travers les fuites de nitrates, devient un objectif prioritaire et induit des travaux de plus en plus intégrés entre agronomes (Jean Salette et Gilles Lemaire d'Angers, René Laissus et Daniel Leconte du Vieux Pin) et zootechniciens (Michel Journet, Jean-Louis Peyraud, André Hoden de Rennes, Didier Micol, Claude Béranger de Theix). Des actions thématiques programmées de l'INRA sur les prairies de l'Ouest facilitent cette coopération et renforcent les liens avec les partenaires extérieurs.
Puis sous l'effet de la nouvelle politique agricole commune qui se prépare et des inquiétudes sur les risques de déprise agricole dans les zones herbagères, les mêmes équipes s'attachent à mettre au point des systèmes et modes de conduite permettant d'utiliser davantage de surface en réduisant les chargements, les niveaux de fertilisation et de complémentation, sans diminuer les performances animales, la rentabilité du système et la perennité de la prairie.
Ainsi, la recherche initiale de la production maximum par animal et par hectare d'herbe et de son efficacité ne deviennent plus les objectifs majeurs. La réduction des coûts pour optimiser le revenu, l'utilisation du territoire herbager, la protection de l'environnement prennent le pas. Le pâturage simplifié des vaches laitières devient plus extensif ; la production des boeufs de 3 ans est confrontée à nouveau à celles d'animaux plus jeunes sur différents types de prairies, dans la recherche d'une production de viande de grande qualité.
Cette nouvelle phase engendre curieusement davantage d'études plus fines, au niveau de la croissance de l'herbe et de sa nutrition azotée et minérale, de l'ingestion par les animaux, de l'interaction entre herbe et animal, de l'évaluation des déjections animales et de leurs effets. L'approfondissement est plus fort que dans la première phase des travaux tournés davantage vers la production. C'est également vrai au niveau de la génétique : l'Amélioration des Plantes se tourne davantage vers la sélection du ray-grass anglais et la Génétique animale approfondit la structure du génome en recherchant à travers les travaux sur le troupeau laitier des marqueurs de gènes majeurs.

La collaboration étroite entre les équipes, toujours difficile, devient de plus en plus nécessaire et parvient progressivement à se développer davantage. L'approche systémique, favorisée par les implantations en Normandie d'une équipe du département Systèmes Agraires et Développement (au lycée de Robillard) se développe et implique davantage nos partenaires du développement agricole dans des suivis d'exploitation.

Le Pin dans le domaine végétal et animal poursuit sa tâche au service des divers départements et laboratoires impliqués et dans le souci d'apporter des réponses aux problèmes de l'exploitation des prairies et des bovins dans les zones herbagères de l'Ouest européen.

Des métiers et des hommes

Le projet initial de création d'un petit centre de recherches ayant avorté dès le départ, ces domaines resteront agricoles et expérimentaux, sans implantation permanente de chercheurs scientifiques ; cependant une trentaine de chercheurs localisés à Jouy-en-Josas, Rennes, Theix, Lusignan, Clermont, Mons, Le Moulon et Angers y consacrent une bonne partie de leur temps. Dirigés par des ingénieurs aux personnalités très marquantes (René Laissus, Jacques Pluvinage, Alfred Muller) assistés en permanence de 2 à 5 techniciens (devenus bien souvent ingénieurs à leur tour [6]) et par 30 à 40 ouvriers agricoles (devenus agents et adjoints techniques et parfois techniciens), ces domaines sont les lieux d'expression de nombreuses spécialités très diverses : conduite de cultures et de prairies, travaux agricoles sur la récolte et la conservation des fourrages,

[6] Comme J.R. Peccatte à l'Élevage, Y. Gallard à l'Élevage puis à la Génétique, D. Leconte au Vieux Pin, qui sont présents depuis 25 ans ou plus.



Photo : Gérard Paillard

alimentation et soins aux animaux, prélèvements et mesures expérimentales très nombreuses et très diverses sur les sols, l'herbe, les animaux, les fourrages conservés, les déjections animales, entretien et aménagements des matériels, des installations des bâtiments et des abords, transport de fourrages et d'animaux, enregistrement et traitement des données, achats et ventes, gestion, comptabilité, secrétariat, rédaction, publication des résultats, encadrement des équipes et des stagiaires, réception des visiteurs, relations extérieures, gestion et service de la cantine.

Que de connaissances, de travail, d'efforts, de talents pour sans cesse, développer et aménager ces domaines, accroître des compétences dans un courant de recherches de plus en plus complexes et sophistiquées, réaliser travaux et mesures selon les aléas climatiques.

L'isolement du Pin où une quinzaine d'agents sont logés (avec leur famille pour 5 d'entre eux) ne rend pas toujours la vie facile et exige davantage d'efforts pour être sans cesse au courant et "dans le vent". Rattachés au centre de Jouy puis à celui de Rennes, les domaines ont bénéficié de l'appui des structures administratives et activités sociales de l'INRA, en dehors des visites des chercheurs expérimentateurs du Pin. Mais le personnel a dû puiser aussi sans cesse dans sa dynamique propre pour sortir de la routine qui menace, assurer la diversité des tâches, se perfectionner et s'ouvrir à l'extérieur.

Des domaines ouverts sur le milieu

Loin de la ville, dans le vieux village du Pin, au fond des prés et des bois, entourés de haies, à côté de la tradition des haras nationaux, les domaines du Pin auraient pu naturellement suivre une tendance à se replier sur eux-mêmes et sur leurs travaux de recherches. La méfiance légendaire des Normands et leurs hésitations initiales face aux progrès proposés par la recherche pouvaient encourager cet isolement. L'ouverture s'est faite rapidement dans le secteur végétal sous l'impulsion de René Laissus, et progressivement dans le secteur animal, en recevant d'abord de nombreux visiteurs, en participant aux manifestations et instances du développement local et régional, en assurant la formation et l'emploi de nombreuses personnes.

La création d'une délégation régionale en Basse-Normandie en 1985 et la riche personnalité de son responsable, Michel Vivier, chercheur du département SAD et profondément ancré dans sa Normandie (puis Jean Salette depuis 1995) a favorisé le développement de cette ouverture, renforcé les liens avec le lycée agricole du Robillard et permis des relations institutionnelles plus fréquentes et mieux construites (contrats avec le conseil régional, création du GIS [7], liens avec les organisations professionnelles). Les liens sont forts et désormais bien établis. Malgré sa vocation principale de contribuer aux recherches nationales des secteurs de recherches ici représentés, les domaines du Pin ont apporté et apportent beaucoup à leur environnement local et régional et dialoguent de plus en plus avec lui pour l'accompagner dans son développement. En témoigne leur participation chaque année à "la fête de l'herbe" ; celle de juin 1996 revêt un caractère particulier en raison du cinquantenaire de l'INRA et des bientôt 40 ans du Pin.

Claude Béranger

[7] Groupement d'Intérêt Scientifique APEX (voir page 5).

Le domaine expérimental fourrager du Vieux Pin









Photos : Daniel Leconte

Le domaine expérimental fourrager du Vieux Pin, rattaché au département de Génétique et Amélioration des Plantes (DGAP) de l'INRA avait pour objectif, lors de sa mise en place en 1957, l'étude de la valeur au pâturage de nouvelles variétés fourragères alors que le plus souvent celles-ci sont sélectionnées sur leur valeur en fauche. Depuis son origine le domaine consacre également une part importante de son activité à la mise en valeur de la prairie permanente.

Les expérimentations pour l'évaluation des variétés sont réalisées pour le compte du Groupe d'Études et de Contrôle des Variétés et Semences (GEVES). Elles occupent près de 15 % du potentiel du domaine et mettent particulièrement l'accent sur l'estimation de la productivité et du comportement au pâturage. Le Pin est le seul lieu en France où ces tests sont conduits en pâturage réel avec des bovins. Le domaine gère ainsi un troupeau de 70 vaches allaitantes Charolaises conjointement avec le département d'Élevage des Animaux.

Actuellement, l'essentiel des activités du domaine (plus de 80 % du potentiel expérimental) est réalisé en collaboration avec quatre unités de recherche du DGAP (Clermont, Le Moulon, Lusignan, Mons). Ces programmes concernent les graminées prairiales mais aussi, plus récemment, le maïs fourrage.

Enfin, le domaine est ouvert à des activités pluridisciplinaires d'autres départements de recherche : répartition spatiale entre activités agricoles et processus écologiques (unité SAD Armorique de Rennes), nutrition et métabolisme azoté des plantes (laboratoire d'Agronomie associé à l'Université de Caen).

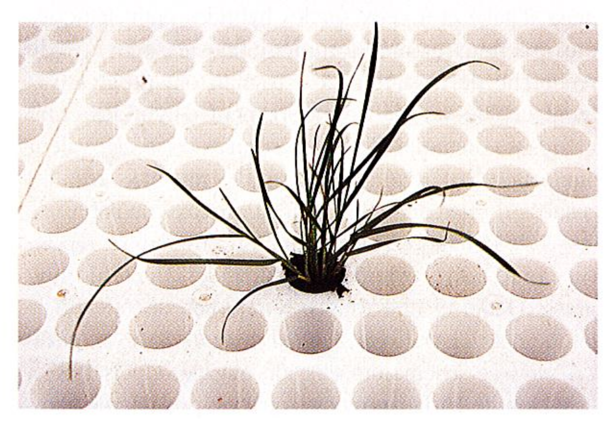
Recherches en génétique et amélioration des plantes

Méthodologie de gestion des ressources génétiques : le ray-grass anglais

Le domaine du Vieux Pin conduit depuis 1983 des expérimentations sur le ray-grass anglais. Les ray-grass sont les graminées fourragères les plus cultivées en France, que ce soit pour l'ensilage (ray-grass italien, *Lolium multiflorum* L.) ou le pâturage (ray-grass anglais, *Lolium perenne* L.).

Près d'un millier de populations naturelles de ray-grass anglais ont été étudiées au Pin-au-haras durant ces dix dernières années. Les expérimentations ont consisté à évaluer ces populations, implantées sous forme de pépinières de plantes isolées, pour des caractères





d'intérêt agronomique tels que la vigueur à différents stades végétatifs, la résistance aux stress biotiques et abiotiques ou encore des caractères physiologiques comme le port, le tallage, la remontaison, la précocité, et ce pendant trois années de végétation. Des populations spontanées de diverses origines européennes (françaises, irlandaises, espagnoles, italiennes, roumaines, anglaises, ... soit près de 28000 plantes en pépinières) ont été ainsi analysées au Pin-au-Haras. Les observations effectuées, couplées à celles obtenues dans d'autres sites d'expérimentation, ont permis de montrer la très grande **diversité génétique** existant entre et à l'intérieur des populations naturelles de l'espèce ray-grass anglais. Même si, dans l'ensemble, les populations spontanées ont présenté des performances inférieures à celles des variétés commerciales, ces études ont permis d'entrevoir d'intéressantes possibilités de sélection dans cette espèce. Une typologie des populations françaises de ray-grass anglais a pu être proposée à partir de leurs caractéristiques agronomiques, permettant de constituer, dans le cadre de la **collection nationale des ressources génétiques** de ray-grass anglais, une "core-collection", c'est-à-dire un sous-échantillon de populations représentatif de la diversité totale existant en France.

Une étude analogue est en cours sur un échantillon représentatif de 160 populations européennes originaires de 18 pays différents, étudiées en 17 lieux (dont Le Pin-au-Haras) disséminés dans toute l'Europe, ceci en vue de constituer une core-collection européenne.

Analyse du génome et méthodologie de la sélection

Ray-grass anglais

• Créer de nouvelles variétés

Le domaine expérimental fourrager est un lieu de sélection et de création variétale pour les ray-grass. Le domaine fait en effet parti d'un réseau multilocal d'expérimentation dans lequel est testé le matériel génétique issu de la sélection récurrente multicaractère [1], conduite sur le ray-grass anglais à Clermont-Ferrand en liaison étroite avec les sélectionneurs privés de l'ACVF (Association des Créateurs de Variétés Fourragères). Ce programme de sélection combinée (familiale et individuelle) conduit à la mise en place de micro-parcelles d'essais et de pépinières de plantes isolées. Le choix des géniteurs à recombiner est réalisé à partir d'index tenant compte des résultats obtenus sur les micro-parcelles (effet familial) et sur les plantes en pépinières (effet individuel). C'est ainsi qu'au Pin-au-Haras, en dix ans, près de 4000 micro-parcelles élémentaires de 0.6 m^2, 300 parcelles de 6 m^2 et 22000 plantes individuelles en pépinières ont été installées, récoltées ou observées. Les résultats obtenus, couplés à ceux des autres lieux du réseau expérimental (7 à 12 lieux selon les années) ont permis de mieux prendre en compte les interactions génotype x milieu, et de développer une méthodologie de sélection originale. Cette méthode de sélection a conduit à la création de nombreuses populations sources, susceptibles de produire des variétés intéressantes. Il s'agit de variétés synthétiques [2] obtenues par la combinaison en panmixie [3] d'un faible nombre de constituants ou plantes élites sélectionnées après 2 ou 3 cycles de sélection récurrente. C'est ainsi qu'a été récemment inscrite la variété de ray-grass anglais tardive Clerpin, fruit du travail d'expérimentation mené conjointement au Pin-au-Haras et à la station de Clermont.

• Sélectionner selon le mode d'exploitation, pâturage ou fauche

En ce qui concerne l'étude de l'adaptation du ray-grass anglais au mode d'utilisation, le domaine du Pin a participé à l'évaluation du matériel génétique créé à Lusignan dans le cadre du programme INRA-ACVF 1991-1993. En effet, si une bonne conduite de la prairie impose l'ajustement du mode d'exploitation à la croissance des plantes ; à l'inverse, la sélection permet d'ajuster les caractéristiques de leur croissance au mode d'exploitation. Ainsi, différentes familles de ray-grass

[1] Sélection récurrente : méthode de sélection artificielle non généalogique comprenant plusieurs cycles dont chacun se compose d'une phase de choix à faible intensité de sélection sur les caractères recherchés et d'un phase d'intercroisement entre tous les individus retenus. Cette méthode permet d'augmenter la fréquence des gènes favorables dans la population qui servira de source à la sélection variétale.

[2] Variété synthétique : variété commerciale issue de la multiplication pendant un nombre d'années donné de la descendance de l'intercroisement d'un nombre de parents déterminé.

[3] Panmixie : mode de reproduction sexuée selon lequel chaque individu d'une population a une égale probabilité de se croiser avec n'importe quel autre individu (lui-même y compris) de sexe opposé appartenant à la même population.

anglais ont été sélectionnées sur leur type de croissance, soit pour une exploitation en fauche, soit pour une exploitation au pâturage. Les évaluations qui suivirent ont confirmé l'intérêt de sélectionner pour l'adaptation au mode d'exploitation : il est apparu en particulier que la productivité en fauche du ray-grass anglais ne permettait pas de préjuger de celle au pâturage mais que cette productivité du ray-grass pourrait être améliorée en même temps pour ces deux types d'exploitation. Une sélection basée sur les caractéristiques de la croissance devrait permettre ainsi d'améliorer la souplesse d'utilisation des variétés de ray-grass anglais. Des critères de sélection originaux, développés à Lusignan et au Pin-au-Haras, seront intégrés au schéma d'amélioration par sélection récurrente conduit par la station de Clermont.

Ray-grass d'Italie : sélection pour des variétés tolérantes aux maladies

Parmi les graminées fourragères, le ray-grass d'Italie est l'une des espèces les plus sensibles à la rouille couronnée, maladie cryptogamique du feuillage causée par *Puccinia coronata*. La sélection de matériel tolérant à cette maladie a fait l'objet d'un important programme à la station de Lusignan. Par ailleurs, la productivité du ray-grass d'Italie manifeste une adaptation régionale marquée. Il s'est donc avéré nécessaire de compléter le programme d'amélioration par une évaluation multilocale du rendement. C'est ainsi qu'une sélection récurrente conjointe de ray-grass d'Italie non-alternatif [4] a été entreprise dès 1981 dans les conditions climatiques contrastées de Lusignan et du Pin-au-Haras.

En dix ans, trois cycles de sélection ont été réalisés pour deux populations de ray-grass d'Italie, l'une diploïde [5] et l'autre tétraploïde [5], nécessitant la mise en place de 6000 micro-parcelles par lieu. À chaque cycle, une sélection familiale pour le rendement dans les deux implantations était effectuée. Puis, à partir d'une pépinière installée à Lusignan, ce premier tri était complété par une sélection des individus les plus pérennes et les plus tolérants à la rouille couronnée.

Les conditions climatiques du Pin, très favorables à la croissance estivale du ray-grass d'Italie, ont permis de prendre en compte les différences de pérennité des descendances au cours des deux premiers cycles de sélection. À partir de 1986 une autre maladie, le flétrissement bactérien provoqué par *Xanthomonas campestris* pv. *Graminis*, jusqu'alors absent sur le domaine, a considérablement réduit leur pérennité. Il s'est alors avéré nécessaire d'améliorer la tolérance à cette nouvelle maladie et d'entreprendre un programme de sélection spécifique pour ce caractère, d'une façon analogue à ce qui avait été fait dans le passé pour la tolérance à la rouille couronnée.

Le programme d'amélioration bilocale s'est ainsi achevé en 1991 par la création de plusieurs variétés synthétiques de bonne valeur agronomique quelles que soient les conditions de milieu ; l'une d'elle, diploïde, est en cours d'étude pour son inscription au catalogue français des variétés. Depuis lors, l'amélioration spécifique de ce matériel pour la tolérance au flétrissement bactérien se poursuit à la station de Lusignan par sélection en conditions artificielles.

Hybrides entre ray-grass d'Italie et fétuque

Parallèlement à ces programmes de sélection sur ray-grass d'Italie et à ceux sur les hybrides entre fétuques européennes et méditerranéennes, les activités de recherche de la station de Lusignan ont progressivement évolué vers le développement d'hybrides entre ray-grass et fétuque. Il s'agit désormais d'associer valeur alimentaire et facilité d'utilisation des ray-grass avec les qualités de pérennité et d'adaptation aux conditions de stress de la fétuque. L'originalité du programme repose sur la création d'hybrides amphiploïdes [5] entre le ray-grass d'Italie et une espèce tétraploïde ancêtre de la fétuque élevée cultivée (*Festuca arundinacea* var. *glaucescens*). Le schéma de sélection engagé depuis 1987 à la station de Lusignan montre qu'il est possible de combiner à la fois une appétence élevée avec une pérennité accrue, particulièrement bien visible après les étés secs que nous venons de connaître. Le développement de la biologie moléculaire ouvre de nouvelles perspectives pour exploiter tout l'éventail de variations entre ray-grass et fétuque : l'utilisation de marqueurs génétiques ou chromosomiques devrait ainsi permettre de contrôler plus efficacement l'introduction des caractères favorables d'une espèce dans l'autre. De nouvelles combinaisons, à base de rétro croisements [6] d'hybrides dans le ray-grass anglais ou d'Italie, ont donc été réalisées et vont être étudiées en même temps dans les deux implantations pour une évaluation agronomique la plus complète possible.

À terme, ce sont des variétés d'un type nouveau qui pourront être proposées aux éleveurs pour satisfaire leurs besoins de production d'herbe à divers niveaux d'intensification et de contrainte de sol et de climat.

Maïs

Bien qu'en Basse-Normandie, le maïs se trouve éloigné de sa zone de culture traditionnelle en France, le Sud-Ouest, les surfaces de maïs y représentent 13 % de la SAU, soit 184 800 ha, dont 93 % en maïs fourrage. En 1994, les surfaces implantées dans cette région ont constitué 12 % des surfaces consacrées au maïs en France. Ce sont les premiers résultats de la sélection par l'INRA qui ont permis l'expansion du maïs vers le Nord

Les définitions données dans les notes 1-2-3-5-6 proviennent du "Dictionnaire de Génétique", Éditions du Conseil international de la langue française, 1991.

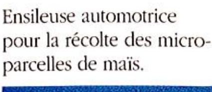
[4] Le ray-grass d'Italie non-alternatif a besoin du froid pour former un épi donc il n'épie pas l'année du semis contrairement au ray-grass d'Italie alternatif.

[5] Amphiploïdie
Etat d'une cellule, d'un tissu ou d'un organisme résultant du doublement chromosomique, après traitement par la colchicine ou par tout autre technique de polyploïdisation, d'un hybride interspécifique quel que soit le degré de ploïdie des parents. On parle d'amphidiploïdie lorsque les deux parents sont diploïdes et d'amphipolyploïdie si au moins l'un des deux parents est polyploïde.

[6] Rétrocroisement : en amélioration génétique des plantes, technique consistant à transférer un caractère mono ou oligogénique d'une lignée pure à une autre lignée appelée parent récurrent : l'hybride F1 provenant du croisement des 2 lignées est recroisé avec le parent récurrent et ceci jusqu'à fixation du matériel génétique. La lignée pure obtenue ne diffère théoriquement du parent récurrent que par le caractère introduit.

Maïs : variété sensible à la verse.

Photos : Daniel Leconte


Ensileuse automotrice pour la récolte des micro-parcelles de maïs.



et son utilisation comme fourrage grâce au développement de variétés précoces à très précoces, largement utilisées maintenant.

Région	Surface de maïs ensilage (1000 ha)	Gamme de précocité (en %) très précoces	précoces	autres
Basse Normandie	172.5	40	46	14
Haute Normandie	47.5	64	14	22
Bretagne	348.5	35	47	18

D'après "Semences et Progrès" n°85, décembre 1995.

La sélection du maïs repose sur l'expérimentation d'hybrides dans plusieurs lieux. L'INRA a débuté cette expérimentation dans le cadre du maïs-ensilage à partir de 1971 par l'implantation de 1000 parcelles d'essais au domaine du Vieux Pin auxquelles se sont ajoutées, en 1990, 2500 parcelles supplémentaires sur le site du Lycée Agricole du Robillard pour atteindre à présent un potentiel global de 5000 parcelles. Aujourd'hui, la sélection de variétés de maïs-ensilage adaptées aux zones fraîches demeure l'une des finalités des équipes de recherche travaillant sur le maïs à l'INRA. Ces activités de sélection servent de support à trois grands thèmes de recherche :
- l'adaptation de la plante au climat : comment caractériser un maïs adapté aux conditions fraîches ?
- la détermination de la valeur alimentaire du maïs fourrage, pour que les gains de rendement ne se fassent pas au détriment de la qualité de l'ensilage ;
- la méthodologie de sélection elle-même : comment améliorer une espèce végétale en utilisant de nouvelles ressources génétiques et les nouveaux outils issus de la biologie moléculaire ?

• L'adaptation de la plante au climat

Le premier caractère d'adaptation du maïs aux zones fraîches est la précocité qui peut être définie comme la vitesse de réalisation d'une teneur en matière sèche de la plante entière de 28 à 30 %. Les hybrides obtenus à la fin des années 50 à partir des premiers géniteurs précoces sélectionnés par l'INRA (hybride INRA 250 en 1957) peuvent atteindre ce taux de matière sèche avec des sommes de températures plus faibles et ont permis d'étendre la zone de culture du maïs vers le Nord. Aujourd'hui, la gamme des hybrides précoces est large et bien adaptée aux principales régions d'élevage. Cependant, le maïs supporte mal les conditions fraîches en début de végétation, en particulier en cas de semis précoce (début avril). Certaines populations de maïs d'origine tropicale d'altitude, encore peu sélectionnées, présenteraient un niveau de tolérance plus grand et permettent d'envisager une amélioration des maïs tempérés pour les zones d'élevage à printemps frais. La station INRA de Mons, dans la Somme, s'est ainsi spécialisée dans la sélection de maïs précoces. Elle aborde l'étude physiologique des maïs "exotiques" importés des régions tropicales d'altitude afin d'établir les critères d'adaptation aux températures sub-optimales de développement.

• La valeur alimentaire du maïs-ensilage

Contrairement à d'autres pays en Europe, la France n'a pas de critères de valeur alimentaire pour l'inscription des variétés de maïs sur la liste "ensilage". En revanche, parallèlement aux tests de productivité en grain requis pour l'inscription, les variétés peuvent subir des essais de valeur agronomique en plante entière. Dans ces conditions, des progrès importants de productivité sont observés, mais, à productivité égale, les hybrides diffèrent en valeur alimentaire.

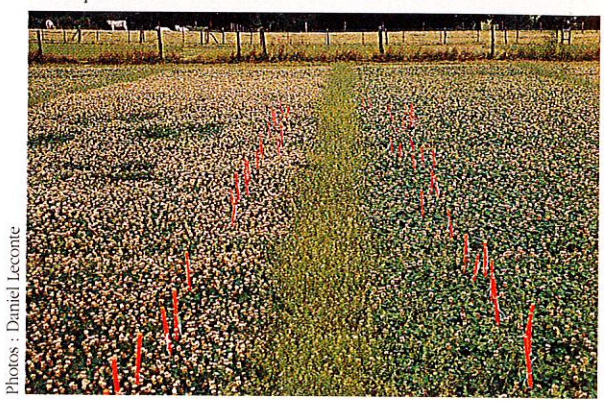
Un programme mettant en relation **l'amélioration des plantes** et les **aspects zootechniques** s'imposait et est actuellement poursuivi par la station INRA de Lusignan. La valeur alimentaire des variétés de maïs y est déterminée par des expérimentations sur des moutons "standards" en cages de digestibilité et les performances zootechniques mesurées sur des bovins en production.

Mais le dispositif expérimental est lourd à mettre en place ; c'est pourquoi une méthode d'estimation de la valeur alimentaire du maïs-ensilage, affranchie de l'expérimentation animale mais proche de ses résultats, est en cours d'élaboration. Il s'agit d'un test basé sur une solubilité enzymatique, soit déterminée directement au laboratoire, soit estimée par spectroscopie de réflectance dans le proche infrarouge (NIRS).



Associations ray-grass/trèfle blanc.

Micro-parcelles de trèfle blanc.



Photos : Daniel Leconte

Par ailleurs, la sélection et l'obtention de maïs résistant à la verse, principalement à la casse à surmaturité, a con-duit dans certains cas, à des hybrides très peu digestibles. En effet, une structure anatomique conférant une meilleure résistance mécanique de la tige peut être antagoniste de sa digestibilité et pénaliser d'autant la valeur alimentaire de la plante entière. L'étude de la productivité en ensilage, de la valeur alimentaire et de la résistance à la verse du maïs, en particulier sous l'angle du développement du système racinaire, ont été associées et sont devenues une des spécificités de la station de Lusignan.

• La méthodologie de sélection du maïs
L'INRA s'est donné pour objectif d'améliorer le maïs tout en préservant une variabilité génétique qui puisse être exploitable dans le futur. Cette préoccupation passe par la sélection de populations [7]. Trois stations INRA apportent leurs compétences à ce programme d'ensemble : précocité et tolérance au froid (Mons), méthodologie de la sélection (Le Moulon, dans l'Essonne), productivité, digestibilité et résistance à la verse (Lusignan). Le domaine du Vieux Pin participe à ces trois objectifs de sélection du maïs-ensilage par l'implantation d'essais d'hybrides issus de différentes étapes de la sélection, récurrente ou généalogique. Au total, l'équipe du domaine du Vieux Pin récolte presque autant de parcelles qu'aux stations de Mons et du Moulon réunies. Le domaine est aujourd'hui partie intégrante du réseau INRA d'expérimentation maïs de la zone Nord et chacune des stations compte sur les résultats des essais mis en place en Basse-Normandie pour estimer la valeur en ensilage de leurs matériels, aussi différents soient-ils.

[7] Sélection récurrente parce que les populations sont soumises à des cycles de sélections successifs à l'issue desquels les meilleures plantes sont retenues et intercroisées. À chaque cycle, les meilleurs individus de ces populations servent à initier des programmes de création de lignées (sélection généalogique) ; les meilleures lignées sont alors utilisées comme parents de variétés hybrides. Ces lignées constituent autant un moyen de valorisation que de validation des programmes de recherche entrepris.

Adaptation aux facteurs abiotiques du milieu et contraintes d'utilisation

Les associations graminées-trèfle blanc

Les associations permettent de réduire l'apport d'engrais azoté, de limiter les risques de pollution et d'améliorer la valeur alimentaire.

Le trèfle blanc associé aux graminées assure ainsi, en l'absence de fertilisation azotée, un gain de production de 2.2 à 3.2 tonnes de matière sèche par hectare. Mais cette association est fragile et peut être rompue par une fertilisation azotée inadéquate. Les expérimentations entreprises sur le domaine du Vieux Pin ont permis de préciser les conditions favorables au maintien du trèfle blanc (rythme d'exploitation de 4 à 6 semaines suivant la saison) et quand un apport azoté pouvait se justifier (en fin d'hiver, sur sols froids). D'une façon générale, le maintien de l'association lorsque l'on apporte de l'azote passe par une augmentation du chargement animal pour limiter la compétition de la graminée vis-à-vis du trèfle. Ce moyen de contrôle a des limites, en particulier en période pluvieuse, en raison de la sensibilité au piétinement du trèfle comparée à celle du ray-grass anglais et à sa capacité de régénération du couvert. Avec des bovins en croissance, des expérimentations comparant une association et un ray-grass anglais seul et fertilisé ont montré des performances zootechniques analogues, c'est-à-dire tout l'intérêt, en termes d'environnement et d'économie, des associations pour peu qu'on veille à leur pérennité. Au plan variétal, il a été également montré que les types "géants" sont à recommander en pâturage tournant tandis que les types "nains" sont mieux adaptés au pâturage continu.

Ces résultats se situent dans le prolongement d'expérimentations menées en conditions contrôlées par le laboratoire associé INRA-Université de Caen, Physiologie et Biochimie des espèces prairiales. Ces travaux ont en effet montré chez le trèfle, l'importance, après une coupe, des remobilisations des réserves carbonées et azotées des organes restant en place vers les parties aériennes en repousse et la mobilisation de protéines spécifiques de stockage. Actuellement, les expérimentations menées au champ ont pour objectif de préciser, sur une culture pure de trèfle blanc, l'importance de l'état initial du peuplement (morphologique et biochimique) sur le potentiel de production, les variations entre génotypes (nains ou géants), les lois d'action des



Réversibilité de la friche : la présence de pissenlits caractérise le témoin extensif ; à côté, remise en production après 6 ans d'abandon.

facteurs du milieu et des facteurs de production sur la mise en réserve. À terme, ce travail qui concernera également la graminée associée, doit permettre de mettre en évidence l'impact de l'état initial des deux composants sur le niveau de production et la pérennité de la culture mixte et de mieux raisonner la gestion de ce type de couvert.

Diagnostic et rénovation des prairies

La "surface toujours en herbe" demeure importante, en particulier en Normandie et sur la moitié Est de la France. Ces prairies, souvent peu productives, ne reçoivent pratiquement aucune fumure azotée et leur production annuelle ne dépasse guère 4 à 5 tonnes de matière sèche par hectare.

Actuellement, vu l'accroissement des surfaces des exploitations et face aux réductions de production imposées par les quotas, l'intensification des prairies n'est pas toujours prioritaire. La gestion de l'espace herbager devient une notion à prendre en compte pour limiter l'enfrichement et raisonner la reforestation. Dans ces conditions, l'appréciation objective des potentialités et des contraintes de chaque site devient une démarche indispensable que l'éleveur doit savoir exercer promptement sur le terrain.

Une méthode "diagnostic et décision" a été élaborée pour inventorier l'ensemble des points importants à prendre en compte lors de cet état des lieux : objectifs de l'éleveur, caractéristiques générales et historiques de la parcelle, analyse floristique. Un questionnaire permet ensuite de préconiser soit une amélioration progressive conservant le fond prairial, soit un resemis. Lorsque celui-ci est devenu nécessaire, des techniques de rénovation sans labour, permettant éventuellement l'implantation d'un maïs précoce suivie d'un semis d'automne de la prairie, ont été mises au point. Un environnement particulièrement contraignant en Basse-Normandie a permis ainsi au domaine du Vieux Pin de développer tout un ensemble d'aides à la décision et de techniques simplifiées qui devraient trouver de vastes perspectives d'application dans la conjoncture actuelle de la production agricole.

La gestion de l'espace herbager normand : extensification et réversibilité de la friche

Depuis quelques années, l'extensification dans certaines régions naturelles de Basse-Normandie, allant jusqu'à la déprise, a amené le domaine à s'intéresser à la gestion de surfaces fourragères agrandies et aux conséquences en termes de réversibilité. Les expérimentations engagées sur le domaine, avec l'appui de financements régionaux, consistent en l'abandon de parcelles (pendant 3,6 ou 10 ans) suivi de leur reprise sous diverses modalités et du contrôle régulier de l'évolution floristique. Les résultats montrent que la flore de prairies ainsi extensifiées évolue vers un nouvel équilibre, caractérisé par une réduction de la diversité spécifique mais qui reste limitée tant que les prairies restent partiellement exploitées. En revanche, la déprise engendre la friche lorsque la présence des animaux devient aléatoire. Les prairies abandonnées se dégradent d'autant plus rapidement que le potentiel fourrager est élevé ;

Essais GEVES.


Photo : Daniel Leconte

en fin d'hiver, elles peuvent même être l'occasion de pollution des nappes par les nitrates du fait d'une minéralisation intense de la biomasse accumulée.

Ces études à long terme soulignent l'importance de l'adéquation production végétale/chargement animal tout en débouchant sur quelques recommandations faciles à mettre en oeuvre ou à éviter (retournement massif de prairies permanentes, fertilisation non raisonnée, enfrichement...). Au-delà, elles ouvrent sur les concepts de maintien de la biodiversité et du patrimoine naturel régional et pourraient avoir valeur d'exemple au plan national.

Expérimentation de nouvelles variétés de plantes prairiales dans le cadre du GEVES

Depuis sa mise en place, le domaine du Vieux Pin fait partie intégrante du réseau GEVES d'expérimentation des variétés en demande d'inscription au Catalogue. Chaque variété est ainsi mise en observation dans 4 à 6 lieux représentatifs de sa zone de culture pour subir les tests de valeur agronomique et technologique (VAT). Par ailleurs, d'autres tests (DHS) permettent d'identifier les variétés (Distinction) et de vérifier leur Homogénéité et leur Stabilité. De nombreuses espèces de graminées prairiales sont testées au domaine du Vieux Pin (ray-grass anglais et d'Italie, fétuques, dactyle, fléole, bromes) ainsi que de légumineuses (trèfle violet et trèfle blanc, lotier, luzerne). Environ 1000 micro-parcelles et 400 lignes sont consacrées à l'étude des nouvelles variétés, l'évaluation s'étendant sur une durée de trois ans [8].

Dès la mise en place de ces expérimentations en 1959, le domaine du Vieux Pin a développé des essais en conditions réelles de pâturage par des bovins avec des observations sur l'appétence, l'aptitude au tallage, la résistance au piétinement et la pérennité. Cependant, les difficultés de conduite de ces essais n'ont pas permis de les valoriser dans le cadre de l'inscription des variétés. Ainsi, l'appréciation visuelle de l'appétence, d'une fiabilité contestable, a dû être abandonnée rapidement. Néanmoins, ces essais ont montré la plus grande sensibilité au piétinement des ray-grass anglais précoces pâturés en conditions humides, se traduisant par une productivité annuelle et une pérennité inférieures à celles des ray-grass anglais tardifs.

Depuis 1991, de nouvelles expérimentations ont été mises en place avec une évaluation des variétés par des indices de consommation à l'herbomètre. En effet, les organismes de développement, en particulier les Chambres d'Agriculture de Bretagne, ont élaboré et vulgarisent sur le terrain des normes de conduite du pâturage fondées sur des mesures à l'herbomètre : hauteur d'herbe offerte à l'entrée des animaux sur les parcelles et hauteur résiduelle à leur sortie. L'indice de broutement (hauteur consommée/hauteur résiduelle) représente ainsi une estimation combinée des quantités consommées par les animaux et de la facilité d'utilisation de la variété. En effet, une hauteur résiduelle faible sous-entend un faible niveau de refus réduisant d'autant les interventions mécaniques ultérieures sur les parcelles pâturées. Pour caractériser l'aptitude au pâturage des variétés, la mesure systématique de l'indice de broutement au cours de leur étude au domaine du Vieux Pin a été proposée au GEVES. Un essai a été mis en place en 1993 sur l'ensemble des variétés inscrites de ray-grass anglais pour valider ce nouveau test.

Herbomètre.


Photo : Daniel Leconte

[8] Outre les mesures de productivité, de nombreuses notations permettent de bien caractériser les variétés : vigueur à la levée - alternativité d'épiaison - résistance à la verse - résistance aux maladies (rouilles, helminthosporiose, flétrissement bactérien, scholécotrichose, mastigosporiose, charbon, jaunissement, hétérosporiose, verticilliose, *colletotrichum, pseudopeziza, oïdium, sclérotinia*) et aux parasites (nématodes, sitones, limaces) - sensibilité au froid et à la sécheresse - stades phénologiques (démarrage en végétation, date d'épiaison, souplesse d'exploitation, remontaison) - flexibilité du feuillage et finesse des organes végétatifs - agressivité en association - pérennité. Toutes ces mesures et observations, réalisées sur des parcelles fauchées sont récapitulées au bout de trois années d'étude et transmise au GEVES qui valide les résultats et propose au CTPS (Comité Technique Permanent de la Sélection), après avis d'un groupe paritaire d'experts, l'inscription, l'ajournement ou le refus des variétés.

Domaine expérimental animal du Pin



Photo : Gérard Paillard

Recherches sur la conduite et l'alimentation des vaches laitières et des génisses au pâturage

Simultanément à la création de la station de recherches sur la Vache laitière (SRVL à Rennes Saint-Gilles) en 1981, le département Élevage et Nutrition des Herbivores a redéployé une partie de ses moyens expérimentaux afin de disposer, au domaine du Pin-au-Haras, d'un troupeau expérimental de vaches laitières. Ce troupeau, d'un effectif moyen annuel de 70 vaches, est constitué d'animaux de race Holstein (60 %) et Normande (40 %), vêlant à 3 ans.
Intégré aux thèmes expérimentaux de la SRVL, ce troupeau est essentiellement voué aux recherches appliquées sur la conduite et l'alimentation des vaches laitières au pâturage. De ce fait, il est l'un des rares troupeaux de l'INRA à pratiquer les vêlages de fin d'hiver, afin que l'essentiel de la production laitière soit en phase avec la production herbagère. Le niveau moyen de production atteint 7000 kg de lait, avec des taux butyreux et protéique de 40,2 g/kg et 31,4 g/kg respectivement (résultats 1995 des lactations supérieures à 200 j).

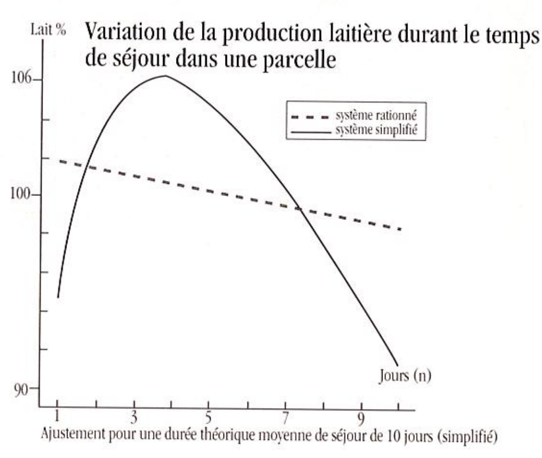
Le troupeau de vaches laitières du Pin-au-Haras bénéficie de surfaces herbagères et de conditions climatiques favorables aux expérimentations de longue durée (6 mois au pâturage), pluriannuelles, sur des effectifs importants d'animaux (18 à 27 vaches par traitement). Il s'inscrit en parfaite complémentarité des recherches sur le pâturage menées par la SRVL à Rennes, en permettant de valider les concepts dégagés par les études plus analytiques et de tester la durabilité des systèmes de production.

Les travaux sur la valorisation du pâturage par les vaches laitières visent à quantifier, à l'échelle du troupeau et de la prairie, l'effet des principaux facteurs de variation des performances animales. Les deux principaux facteurs d'intensification que constituent la **fertilisation azotée des cultures** et la **complémentation de l'alimentation animale**, et leur corollaire que représente **le chargement animal**, ont été étudiés ces dernières années dans des conditions de sol et de climat très différentes, à la fois sur les domaines du Pin-au-Haras et de Méjussaume (Rennes).

Utilisation de l'herbe pâturée par les vaches laitières

Le premier thème abordé à partir de 1982 a été d'étudier différentes méthodes de conduite du troupeau laitier à l'herbe. Pour ce faire, différentes façons d'offrir

l'herbe aux vaches laitières ont été comparées : pâturage rationné (1 parcelle/j), pâturage tournant (1 parcelle pour 5 à 10 j) ou pâturage libre (1 parcelle pour plusieurs semaines ; les animaux valorisent alors la croissance de l'herbe en temps réel). Les conséquences zootechniques de ces diverses stratégies d'alimentation ont été analysées lors de 4 expériences consécutives. À même chargement, les différents systèmes d'exploitation du pâturage étudiés permettent des performances animales très voisines lorsqu'ils sont conduits selon leurs particularités. Ce travail a permis de définir un nouveau système de pâturage moins contraignant **le pâturage tournant simplifié** [1] et ses modalités d'utilisation. Ainsi, l'évolution cyclique de la production laitière lors du temps de séjour sur une parcelle a été modélisée et constitue désormais un outil d'aide à la décision de sortie de parcelle [2].



Dans une période où l'on recherchait la maximisation des performances individuelles et par hectare, la seconde phase expérimentale (86-89) visait à quantifier l'effet des principaux facteurs d'intensification, que sont le **chargement** et la **complémentation**, dans le cas du pâturage tournant simplifié avec une fertilisation azotée non limitante. L'accroissement du chargement (+ 30 %) est un facteur majeur pour augmenter les productions par unité de surface en affectant peu les performances individuelles (- 5 %), grâce à une meilleure valorisation du couvert végétal. La complémentation par des concentrés (protéines, énergie) permet d'accroître la production individuelle, d'autant plus que le niveau de production des animaux à la mise à l'herbe est élevé. Mais l'efficacité du concentré au pâturage reste globalement faible : 0,6 kg de lait/kg de concentré [3].

Le nouveau contexte économique de la production laitière en Europe (quotas, diminution du nombre de producteurs et de vaches laitières, agrandissement des exploitations, notamment herbagères) et les contraintes environnementales plus pressantes (notamment en matière de qualité des eaux) nous ont amenés à explorer des systèmes de production qui valorisent plus de surfaces et réduisent les coûts de production directs. Le programme initié depuis 1990 a pour objectif d'analyser les conséquences zootechniques d'une **réduction de la fertilisation azotée** combinée à un **élargissement des surfaces pâturées**. Comparés à un système de pâturage intensif (320 kg N ; 5,0 et 2,5 vaches/ha au printemps et en été-automne), deux traitements, caractérisés par une réduction simultanée de la fertilisation azotée (100 et 0 kg N/ha) et du chargement (3,8 et 3,1 vaches/ha au printemps et 2,0 et 1,7 en automne) ont été étudiés. La réduction, voire la suppression, de l'apport d'azote minéral rend le système plus tributaire des variations du climat selon les différentes années (température, pluies...) et ne peut s'interpréter sans intégrer les potentialités agronomiques du terroir. Néanmoins, dans les conditions pédo-climatiques du Pin-au-Haras, il apparaît possible de maintenir la quantité et la qualité du lait produit (mesurée par les taux protéique et butyreux), en s'assurant toutefois d'une disponibilité et d'une préhensibilité de l'herbe suffisante pour les animaux [4].
Cette expérimentation a été l'occasion d'une collaboration étroite entre les agronomes de Caen et les zootechniciens de la SRVL (Rennes), sur un thème de recherches original concernant les flux d'azote des prairies pâturées. L'étude réalisée a permis de calculer les restitutions d'azote par les déjections animales au pâturage et de montrer le rôle prépondérant de la fertilisation azotée, amplifié par le chargement en animaux. Une description quantifiée du devenir de ces restitutions a été élaborée et la répartition des flux d'azote, notamment en terme de lessivage, à l'échelle de la saison de pâturage et de la parcelle a été modélisée (Simazote).

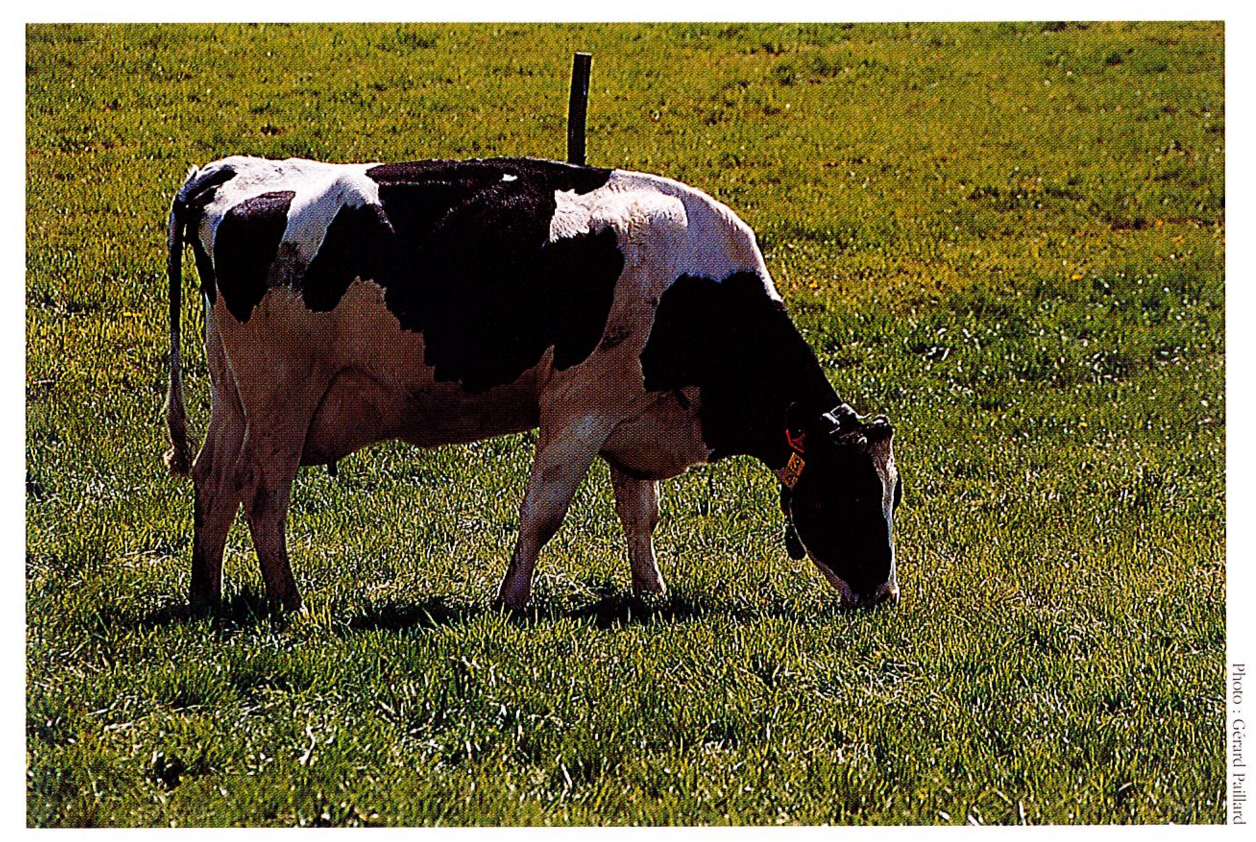
L'autre voie permettant d'économiser les intrants consiste à maximiser la part de l'herbe dans la production de lait par une meilleure maîtrise de la **complémentation**.
Depuis 1995, le nouveau programme de recherches s'attache à décrire la loi de réponse animale à l'apport de concentré. L'originalité consiste à étudier des niveaux d'apports plus faibles que ceux préconisés à ce jour et d'analyser l'effet de la complémentation en interaction avec le niveau d'intensification des surfaces pâturées. Quatre niveaux d'apport de concentré, dont un nul, sont ainsi étudiés en interaction avec 2 scénarios de pâturage, l'un visant à maximiser la part de l'herbe et l'autre visant à maximiser les performances par unité de surface. L'approche pluridisciplinaire avec l'équipe d'Agronomie est désormais renforcée et a été intégrée lors de la définition de la nouvelle thématique, au travers de :
• la quantification précise du lessivage des nitrates dans les sols du Pin,
• la mesure de minéralisation du sol selon le niveau de fertilisation en conditions de fauche ou de pâturage,

[1] Le pâturage tournant simplifié : avec le pâturage rationné, pratiqué lors des premières expérimentations au Pin-au-Haras, 20 à 30 vaches changeaient chaque jour de petites parcelles pendant environ 1 mois puis revenaient sur la première. Ce système permet à l'animal d'avoir chaque jour une nouvelle ration d'herbe fraîche et à l'herbe de repousser pour être valorisée ensuite à son âge optimum. Mais c'est un travail contraignant et risqué pour la prairie lors des périodes pluvieuses. Le pâturage tournant simplifié consiste alors à offrir aux animaux en une seule fois la surface nécessaire pour 15 jours, donc 15 fois plus grande que précédemment. Aux vaches de gérer leur nourriture... Ce système simplifié ne modifie globalement pas les performances zootechniques mais la production laitière évolue de façon cyclique selon la quantité d'herbe qui reste disponible.

[2] Hoden A. Muller A. Journet M. Faverdin P., 1986. Pâturage pour vaches laitières. 1. Comparaison des systèmes de pâturage "rationné" et "tournant simplifié" en zone Normande. Bulletin Technique CRZV Theix. numéro 64, p 25-35. 2. Simplification des systèmes de pâturage et niveaux de complémentation en zone Normande. Bulletin Technique CRZV Theix. numéro 66, p 5-16.

[3] Hoden A. Muller A. Peyraud J.L. Delaby L. Faverdin P., 1991. Pâturage pour vaches laitières. Effet du chargement et de la complémentation en pâturage tournant simplifié. INRA Production Animales. volume 4, numéro 3, p 229-239.

[4] Delaby L. Peyraud J.L. Hoden A. Muller A. Peccatte J.R. Réduction de la fertilisation azotée et production laitière au pâturage. Résultats provisoires. L'extensification en production fourragère, A.F.P.F., 1992. p 64-65.


Photo : Gérard Paillard

• une expérience analytique sur la valorisation et le devoir de l'azote des pissats en prairie.

Alimentation hivernale et élevage des génisses

En période hivernale, lors du début de lactation, les expérimentations ont pour objectif de maîtriser la qualité du lait en fonction de la **nature des fourrages** (ensilages d'herbe ou de maïs) et des **concentrés** utilisés dans l'alimentation.

L'ensemble des génisses issues du troupeau laitier est utilisé lors d'expérimentations destinées à réduire le coût du système d'élevage long (premier vêlage à 3 ans) en maximisant l'utilisation de fourrages sans réduire la production de lait et la longévité des vaches. La capacité d'adaptation des génisses à des croissances irrégulières est mise en évidence grâce à la meilleure utilisation de l'herbe au cours de la saison de pâturage. Une différence de 70 kg de poids vif (404 vs 335 kg) créée sur des génisses entre la naissance et l'âge de 15 mois est réduite à 20 kg au premier vêlage, sans conséquence ultérieure sur la carrière de la vache. Les niveaux d'alimentation hivernaux des génisses d'un poids supérieur à 275 kg peuvent être proches de l'entretien sans réduction importante du poids vif au premier vêlage grâce à la croissance compensatrice au pâturage.

Recherches sur les bovins en croissance et à l'engrais

Les recherches du service d'expérimentation animale du Pin-au-Haras sur la production de viande bovine ont été développées sur deux axes au fil des années : l'un relatif à l'utilisation du pâturage pour la croissance et l'engraissement de bovins à l'herbe, l'autre à l'étude des types de production de viande bovine à partir d'herbe.

Les grands acquis

Utilisation du pâturage

Dès la mise en place du domaine, les travaux ont été engagés sur l'étude des principaux paramètres de l'exploitation du pâturage pour l'engraissement de boeufs âgés. Sous l'impulsion de la révolution fourragère, de l'intérêt pour la culture de l'herbe, les prairies semées de différentes espèces fourragères (dactyle, raygrass, fétuque, ...), ont été le support végétal de ces études, au détriment parfois de la prairie permanente.
Dans ce cadre, les différents paramètres d'accroissement de la production prairiale ont été recherchés. L'influence de la **fertilisation azotée** a été étudiée sur une large plage de variations (0 à 360 kg N/ha/an) en la combinant, suivant les essais, à des modifications de la **ges-**

tion du pâturage (rythmes de défoliation par les animaux).

L'influence du **temps de repos de l'herbe** entre les passages successifs des animaux a été précisée en interaction avec la nature de l'espèce végétale considérée. Le temps de séjour optimum des animaux par parcelle a également été mieux défini selon la nature des prairies. **Le chargement en animaux** de la prairie est nettement ressorti comme le paramètre principal de la production animale individuelle (performance de croissance et état d'engraissement) et de la productivité globale par hectare (gain de poids / ha).

À titre d'exemple, en combinant ces différents paramètres, en système intensif, l'exploitation optimale d'une prairie à base de ray-grass anglais dans les conditions océaniques du Pin-au-Haras nécessite une fertilisation azotée d'environ 200 kg/ha, la rotation du pâturage sur 6 à 8 parcelles au cours de 5 à 6 cycles successifs de pâturage sur la saison d'herbe. La production animale permise peut atteindre 800 kg de gain de poids par hectare d'herbe pâturé, moyennant un chargement animal de l'ordre de 2300 kg de poids vif/ha.

Ces résultats sont la base des principes d'exploitation du pâturage qui ont été largement diffusés auprès du développement et de l'enseignement agricole. Ils ont permis par la suite d'étendre ces études dans d'autres milieux et pour d'autres types d'animaux : bovins en croissance, vaches laitières, ovins...

Plus récemment, au début des années 80, les études sur le pâturage ont trouvé un renouveau de conception sous l'influence du **pâturage libre** développé en Grande Bretagne : les animaux restent dans la même parcelle et consomment l'herbe à mesure qu'elle pousse. En prenant l'option de la fertilisation azotée en présence des animaux à l'herbe, il est possible de concevoir des systèmes d'exploitation de prairie aboutissant à une production prairiale, un chargement et des performances animales élevés, tout en simplifiant le mode de gestion de l'herbe, puisque seulement 1 à 4 parcelles sont mises en jeu. Les études menées au Pin-au-Haras sur ce thème, sur des bovins en croissance, ont montré le bien fondé de ces dispositifs, dans des conditions océaniques, bien qu'ils n'atteignent pas des performances globales égales aux dispositifs de pâturage conduits en rotation dans les mêmes conditions.

C'est cette approche nouvelle de l'exploitation du pâturage qui a largement contribué à engager à partir de 1983 des **travaux pluridisciplinaires (agronomie et zootechnie)** sur la prairie pâturée du Pin-au-Haras.
En effet, il est nettement apparu que les phénomènes de croissance de l'herbe soumise au pâturage des bovins étaient mal connus (références plus souvent obtenues en fauche). Afin de mieux les définir, a été mise en place, dans le cadre d'une Action Incitative Programmée "Prairies de l'Ouest", une étude combinant, au pâturage, des fertilisations azotées, des rythmes de défoliation et des chargements en animaux très écartés, ceci pour dégager les lois de réponses sur une large plage. Ce dispositif s'appuie sur des micro-parcelles pâturées permettant un suivi précis des phénomènes de croissance de l'herbe pâturée et sur des parcelles de taille réelle, afin de connaître les productions animales permises avec des lots représentatifs d'animaux.

Types de production de viande bovine à partir d'herbe : raccourcir le cycle

Les travaux entrepris sur ce thème au Service d'Expérimentation Animale visaient, comme dans le cas du jeune bovin à l'auge, à rajeunir et intensifier la production de viande bovine, mais en faisant reposer l'alimentation sur un maximum d'herbe pâturée.

Les cycles les plus courts **(animaux abattus à 20 mois)** ont tout d'abord été étudiés en fonction du sexe, du génotype, du niveau de complémentation à l'herbe des animaux. Certains de ces modes de conduite se sont révélés techniquement réalisables. Cependant, compte tenu des coûts de production (céréales), des types de carcasses obtenus, trop légers pour le marché de l'époque, ces modes de production ne se sont pas développés dans nos conditions nationales.

Par la suite, la production de bovins de boucherie **abattus à 2 ans** à l'issue d'une courte période d'engraissement à l'auge a montré son intérêt technique pour les régions herbagères tout en correspondant à la demande des marchés. Dans ce cadre, les travaux du S.E.A. ont permis de définir les caractéristiques de ces animaux (sexe, génotype, origine...) et de préciser les conditions optimales de conduite (niveau d'alimentation au cours des périodes hivernales, de croissance et d'engraissement, conduite au pâturage, âge à la castration, emploi des anabolisants...).
Ces études ont largement contribué à produire de la viande bovine avec des animaux plus jeunes (boeufs, taureaux, génisses) en zones herbagères tel qu'on peut l'observer à l'heure actuelle dans les conditions de la pratique.

Au cours des dernières années, les recherches se sont orientées vers l'étude de types de production à cycles plus longs **(animaux abattus à 30 mois)** basés exclusivement sur l'utilisation de l'herbe pâturée ou conservée. Ce type d'animaux était utilisé durant la période des années 60/70 mais était alors plus léger.

Les objectifs en étaient multiples :

• pour les animaux de races à viande issus des zones herbagères (Charolais...), ce type de production, reposant sur l'herbe, devait permettre une valorisation accrue de l'animal en raison du poids élevé atteint et de la qualité des carcasses obtenues,

• pour les animaux issus du troupeau laitier, purs ou croisés à viande, ce mode de conduite devait permettre un coût de production minimum tout en assurant un produit final acceptable pour le marché standard de la viande bovine. En outre, cette conduite de bovins destinés à la production de viande s'intègre bien dans les élevages laitiers confrontés à des quotas et à la nécessaire utilisation de leurs ressources herbagères. Ce phénomène a été également observé au Pin-animal et a fortement contribué, à la fin des années 80 aux possibilités d'extension du troupeau laitier [1].

Thématiques actuelles

Au cours des dernières décennies on a cherché à intensifier la production de viande en raccourcissant le cycle de production du boeuf. Cette réduction a pu se faire grâce à une meilleure conduite au pâturage selon les techniques présentées précédemment, mais aussi en grande partie grâce à une augmentation du niveau de croissance durant les phases hivernales. Cela s'est traduit par un accroissement des intrants (engrais, conservateurs, ensilages, céréales et tourteaux). L'entretien des animaux est ainsi devenu plus coûteux.

Tant que la consommation de viande bovine en Europe est restée inférieure à la production, une telle intensification a pu se justifier. Il n'en va plus de même actuellement, compte tenu de la surproduction de viande et de la baisse des cours de celle-ci. Par ailleurs, les quotas laitiers ont entraîné une libération des surfaces fourragères que des bovins destinés à la production de viande devraient pouvoir valoriser, à condition de les exploiter à moindre coût. Il apparaît donc plus important de chercher à accroître la part de l'herbe (pâturée et ensilée) dans les rations des bovins de boucherie. Pour y parvenir, on peut agir soit sur le mode de conduite de l'animal (recherche de systèmes économes) soit sur l'animal lui-même en développant sa capacité à transformer les fourrages en muscles, voire même en sélectionnant les animaux les plus aptes à valoriser les fourrages.

Systèmes de production à l'herbe

Dans les conditions économiques actuelles, des surfaces en herbe sont dégagées par les exploitations laitières des zones herbagères de l'Ouest. L'utilisation de ces surfaces implique de bien choisir les itinéraires techniques adaptés aux situations fourragères régionales et aux contraintes en matière de gestion de l'espace rural. En collaboration avec le laboratoire INRA "Adaptation des Herbivores aux Milieux" (Theix), des études ont été mises en place afin de prospecter différentes voies de production de viande bovine à l'herbe.

Systèmes herbagers de production de viande bovine en zone Normande

Ce programme de recherche qui explore (1990-1998) les possibilités de valoriser des surfaces herbagères par une production de viande bovine complémentaire à la production laitière vise à optimiser des systèmes de production de boeufs basés sur l'utilisation la plus large possible d'herbe (essentiellement pâturée) à partir de critères quantitatifs et qualitatifs. Il s'agit de mâles castrés nés en automne, de race Normande, utilisant l'herbe au maximum.

• Deux voies sont prospectées par une approche globale à la fois des systèmes fourrager et d'élevage :

- Le premier système dit "intensif" est basé sur une conduite intensive des ressources herbagères et des productions animales permettant une productivité élevée de viande par hectare. Les prairies sont conduites au voisinage de leur potentiel agronomique optimum : fertilisation et gestion du pâturage et des récoltes adaptées. Les animaux sont produits selon des types intensifs de production à partir d'herbe permettant une valorisation bouchère des animaux à deux ans : complémentation, ration hivernale à base d'ensilage de haute qualité,

- Le second système dit "extensif" est basé sur une utilisation accrue de surface en herbe. Dans ce cas les exigences de suivi et d'intrants sur ces surfaces sont minimisées : récoltes en foin, fertilisation minimale et gestion du pâturage plus libérale. Les animaux sont orientés sur des cycles longs de production à partir d'herbe (3 ans). La productivité par unité de surface est faible mais est contrebalancée par une réduction des coûts de production et par un objectif de qualité des produits.

Nous étudions la valorisation des parcelles en liaison avec les caractéristiques du couvert végétal (différence entrée-sortie ou variation en présence des animaux) et des animaux (âge, poids, croissance).

Sont également déterminées : les caractéristiques du pâturage en termes quantitatifs et qualitatifs ; les réponses de l'animal ; les caractéristiques techniques de chaque système ainsi que les caractéristiques des carcasses et des muscles produits.

À plus long terme sont mesurés : l'évolution du sol et de la flore ; la variabilité inter-annuelle des systèmes fourragers et zootechniques et leur équilibre technico-économique.

• Cette expérience a fait l'objet d'un premier bilan en 1992 [2].

[1] D. Micol Production de viande de boeufs et de jeunes taureaux. In D. Micol Ed., 1986, Production de viande bovine - INRA Éditions, Paris. pp 169-200. Y. Geay, D. Micol. Alimentation des bovins en croissance et à l'engrais. In Jarrige R. Ed., 1988, Alimentation des bovins, ovins et caprins - INRA Éditions, Paris. pp 213-248.

[2] D. Micol, D. Dozias, J.-R. Peccatte, A. Muller, 1992. Systèmes herbagers de production de viande bovine en zone Normande. L'extensification en production fourragère, A.F.P.F., 1992. p 54-55.

- Dans le système "extensif", une part des surfaces doit être fauchée précocement pour repousser suffisamment tôt en été et fournir du foin de bonne qualité pour les jeunes animaux en hiver. La gestion des stocks doit être pluriannuelle, avec constitution de stocks de report les années favorables. La fertilisation azotée peut être utilisée dans deux cas précis :

• avancer la disponibilité en herbe dans le cas de printemps trop défavorables,
• reconstituer des stocks hivernaux trop faibles.

- Dans le système "intensif", la croissance des animaux doit être soutenue tout au long du cycle de production ; grâce à cela, la production est peu variable d'une année à l'autre, ce qui n'est pas le cas dans le système "extensif", où les résultats des boeufs sont plus soumis aux aléas climatiques.

Une proportion non négligeable, 25 %, des animaux du système "intensif" sont trop légers à 24 mois dans ce système ; ce qui a conduit à les engraisser à l'auge avec les excédents du système.

Par ailleurs, le gain de poids vif annuel des animaux peut être identique entre les deux systèmes, en situation climatique favorable.

Ces constatations nous ont conduits à faire évoluer le protocole expérimental vers sa configuration actuelle. Les deux systèmes fourragers dits "intensif" et "extensif" ont été gardés et sur chacun de ces systèmes fourragers, nous produisons les deux types d'animaux : abattages à 2 et à 3 ans. D'autre part, pour augmenter les poids de carcasse, un génotype croisé Charolais x Normand a été introduit à côté de la race Normande. L'étude en cours nécessitera, comme la précédente, plusieurs années d'observations afin de quantifier la souplesse des systèmes de production vis-à-vis des variations de production fourragère entre années.

Aptitudes de la race Blonde d'Aquitaine à transformer l'herbe

L'objet de cette étude (1995-1997) est de décrire les aptitudes zootechniques de la race Blonde d'Aquitaine dans des conditions fourragères très favorables comparée à la race Charolaise considérée comme "témoin". Cette caractérisation des performances zootechniques de la Blonde d'Aquitaine en conditions fourragères très favorables reste à faire et devient nécessaire depuis l'extension de la race hors de son berceau traditionnel (même si ses effectifs sont inférieurs à ceux des races Charolaise ou Limousine). Par ailleurs, les systèmes de production traditionnels avec la Blonde d'Aquitaine sont assez spécifiques pour que nous éprouvions le besoin de l'observer dans des cycles de production plus courants en France.

Le type d'animaux retenu est le boeuf herbager abattu à 36 mois, des abattages à 30 mois pouvant produire de la viande encore très claire. 50 broutards de 9 mois ont été mis en place à l'automne 1994 (25 Blonds d'Aquitaine et 25 Charolais).

Blonde d'Aquitaine.



Sur ce dispositif, nous mesurons la croissance pondérale et squelettique ainsi que les capacités d'ingestion respectives à l'auge en hiver.

L'ingestion au pâturage fait l'objet de mesures spécifiques selon les propositions de Michel Petit (INRA Theix). Les boeufs sont mis sur 2 types de couverts végétaux très différents : l'un très favorable à la croissance des animaux (ray-grass + trèfle blanc) ; l'autre moins favorable (fétuque en exploitation plus tardive), les 2 races étant réparties pour moitié dans chaque couvert et conduites ensemble.

Sur une parcelle du dispositif et le même jour pour les 2 couverts, nous observons le comportement des animaux pour déterminer le temps de pâturage et la fréquence des bouchées par animal d'une race donnée sur un couvert végétal donné.

À l'issue de la première année d'observation, il se confirme que la race Blonde d'Aquitaine a une capacité d'ingestion, à l'auge, relativement faible au sein des principales races françaises. Au pâturage, les boeufs Blonds ont eu des croissances honorables légèrement inférieures à leurs homologues Charolais malgré une activité de pâturage supérieure. Ces résultats provisoires restent toutefois à confirmer.

Limousine.



Charolais.



Photos : Dominique Doziàs

Systèmes de production et qualité des produits

La production de viande bovine de qualités gustatives reconnues est de plus en plus nécessaire pour l'ensemble de la filière bovine. Or les caractéristiques gustatives de la viande sont liées aux caractéristiques biologiques du muscle (type de fibres musculaires ; teneur et nature du collagène ; teneurs en pigments et en lipides intramusculaires). Mal connue actuellement, l'évolution de ces caractéristiques biologiques musculaires sous l'influence de facteurs de production fait l'objet d'études au Pin-au-Haras en collaboration avec les laboratoires INRA "Croissance musculaire" et "Technologie de la viande" de Theix.

Élaboration et caractérisation des viandes bovines de hautes qualités organoleptiques

Des génisses Limousines conduites à un rythme de croissance lent et continu correspondant à celui des femelles reproductrices ont suivi, avant abattage, une courte période de croissance intensive afin d'atteindre un état d'engraissement suffisant. Elles ont été abattues à 4 âges différents : 24, 31, 36 et 43 mois (90 % de l'âge adulte).

Par ailleurs, deux lots de vaches ont vêlé à 35 mois, puis, conduits au même rythme de croissance que les précédentes, ont été abattus à 36 et 43 mois également après une période de croissance intensive. Ceci nous a permis (1990-1993) de mesurer l'influence sur les caractéristiques des muscles et de la viande, des modifications physiologiques que subit la femelle au cours de la gestation et de la parturition.

À chaque stade, nous avons mesuré différents paramètres musculaires histologiques, biochimiques et physico-chimiques, les qualités gustatives par un jury de dégustation sur des échantillons de 2 muscles et le degré d'ossification des cartilages par dissection.

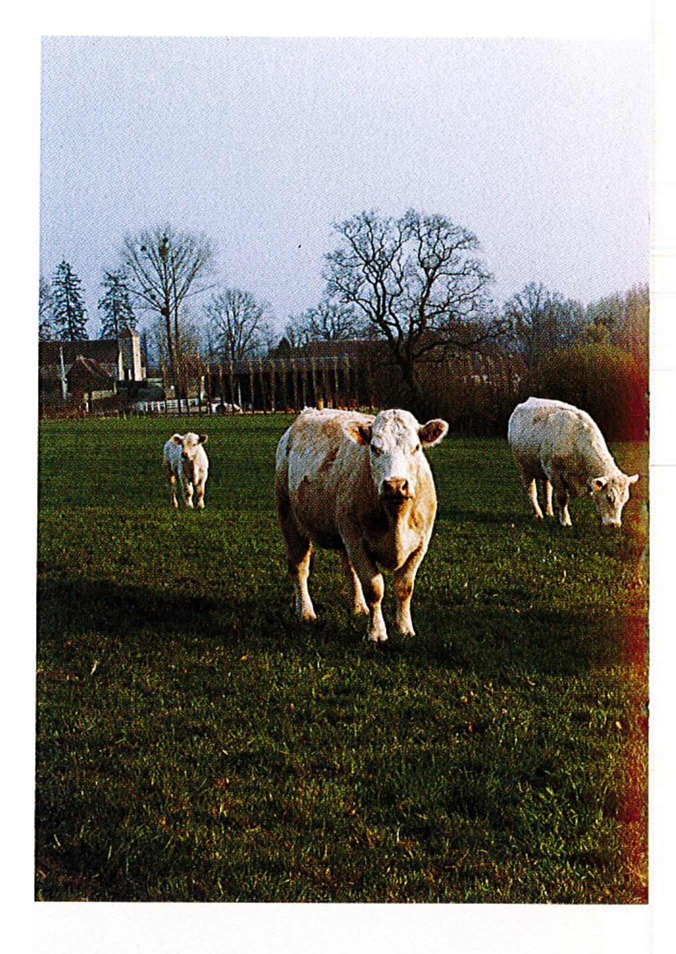
Au delà de 24 mois les caractéristiques musculaires et gustatives ne sont guère modifiées par l'âge à l'abattage et le vêlage. Les analyses effectuées ont permis de faire progresser notre connaissance de l'évolution des différents types de fibres musculaires, l'importance relative de ces différents types étant reliée aux qualités gustatives de la viande.

Croissance compensatrice des bovins et qualités biologiques musculaires

Cette étude (1991-1994) visait à mesurer l'impact, à l'issue de la phase d'engraissement, de l'expression de la croissance compensatrice des bovins sur les caractéristiques biologiques musculaires.

Des boeufs Charolais de 24 mois ont été engraissés à l'auge, le lot témoin étant conduit de façon à produire un animal de 700 kg de poids vif après 100 jours de finition. Deux autres lots ont été conduits selon un niveau de croissance plus faible durant la phase. En finition, nous avons laissé l'un des deux lots exprimer sa croissance compensatrice, l'autre lot étant conduit à une croissance identique au lot témoin. Les animaux ont été abattus à un poids vif identique, ce qui a nécessité une durée d'engraissement supérieure pour le lot continuellement restreint.

Le lot qui a pu exprimer une croissance compensatrice a été abattu comme le lot témoin, avec les mêmes caractéristiques d'engraissement musculaire. Au contraire, le lot ayant eu sa croissance en finition restreinte a été abattu plus tardivement et avec un état d'engraissement musculaire inférieur.





Recherches sur les bovins allaitants

Les recherches sur la production allaitante ont porté sur le multi-allaitement et la conduite alimentaire de la vache ou du couple mère-veau.

Dans les années 1970, à partir d'un troupeau de vaches Normandes élevées comme allaitantes la faisabilité technique d'élever plusieurs veaux par vache a été expérimentée : 2, 3 voire 4 veaux par vache. Les importants besoins en main d'oeuvre et les problèmes sanitaires rencontrés expliquent que cette méthode ne se soit pas développée en France.
L'utilisation de la technique du multi-allaitement a permis de tester les possibilités de croissance compensatrice des jeunes veaux avant le sevrage [1].

Dans les années 1980, le troupeau allaitant a été reconverti en race Charolaise. Un programme de recherche a été mis en place pour optimiser l'utilisation de l'herbe au pâturage par le couple "mère + veau". Ces travaux ont servi à l'élaboration de références en termes de surfaces à pâturer selon le potentiel fourrager des prairies [2].

Afin de minimiser les coûts de production l'alimentation hivernale a fait l'objet de nombreuses études. Une étude pluriannuelle a montré l'intérêt de la paille enrichie à l'ammoniac pour nourrir ces animaux à faibles besoins alimentaires en stabulation.

D'autre part les vaches adultes ont été l'objet d'un programme de recherche sur la sous-alimentation hivernale des allaitantes. Cette période correspond, le plus souvent dans les élevages français, à la fin de la gestation et au début de l'allaitement. Ce programme a permis de préciser à quelles conditions (état d'engraissement, âge, époque de vêlage, ...), et dans quelles limites, il est possible de sous-alimenter une vache allaitante sans effets importants sur sa carrière : croissance du veau, reproduction, longévité [3].

Influence du niveau de croissance des génisses sur la carrière de la vache allaitante

À la suite du programme de recherche sur la sous-alimentation, se sont posées des questions sur l'influence de la période d'élevage de la génisse sur sa carrière de reproductrice.
Traditionnellement, les génisses à viande sont conduites de manière très économe. Ceci peut entraîner des croissances modestes jusqu'au premier vêlage vers trois ans d'où peut résulter :

- un retard à la première saillie fécondante,
- des premiers vêlages plus difficiles,
- une compétition accrue entre les besoins de croissance et de production au delà du premier vêlage, pouvant réduire la production laitière lors du premier intervalle vêlage-saillie fécondante,
- une valeur réduite à la réforme.

[1] Le Neindre P., Peccatte J.-R., 1987. Conséquences des quantités de lait et d'aliment concentré consommées avant sevrage sur les performances de bovins mâles entiers de 3 mois à l'abattage. Annales de Zootechnie. volume 26, pp 387-410.

[2] Petit M. Garel J.P. Micol D., 1987. Conduite du troupeau en vaches allaitantes au pâturage : quelques éléments de réflexion. Bulletin Technique CRZV Theix. numéro 69, p 15-20.

[3] Petit M. Alimentation des vaches allaitantes. In Jarrige R. Ed. 1988, Alimentation des bovins, ovins et caprins - INRA, Paris. pp 159-184. Agabriel J. Petit M., 1987. Recommandations alimentaires pour les vaches allaitantes. Bulletin Technique CRZV Theix. numéro 70, p 153-166.


Photo : Daniel Leconte

Inversement, la tentation peut être grande chez certains nouveaux éleveurs de vaches allaitantes d'appliquer les schémas de croissance propres aux génisses laitières. Si certaines conséquences en sont évidentes (valeur plus élevée en cas de réforme précoce ; excès d'embonpoint au premier vêlage), celles sur le potentiel laitier et la reproduction de la vache allaitante sont moins connues.

L'étude en cours contribue à donner des réponses qualitatives et quantitatives aux questions suivantes au sujet de la vache Charolaise : quels sont les avantages et inconvénients de différentes vitesses de croissance durant la période d'élevage et donc quelles sont les croissances "optimales" pour les différentes fonctions envisagées : reproduction et lactation ?

Trois niveaux de croissance sont testés. Les écarts de poids creusés sont de l'ordre de 30 kg à 9 mois ; 70 kg à 21 mois et de 80 kg à 33 mois entre les traitements extrêmes.
À partir de l'hiver du premier vêlage, les animaux sont volontairement sous-alimentés durant les périodes hivernales. Les vaches ont ensuite la période de pâturage pour rattraper les effets de la sous-alimentation. Par contre, un quart des animaux, soumis au niveau "Haut" de croissance, est nourri selon ses besoins.
Durant la totalité de leur carrière, les caractéristiques propres à chaque modalité expérimentale sont enregistrées : croissance, poids adulte, consommations, planning de pâturage.
Le développement des animaux (mensurations et pelvimètrie) est précisé, notamment en regard des difficultés de vêlage.

La reproduction est suivie, d'abord avec l'apparition de la cyclicité entre 9 et 18 mois, les retombées en anoestrus hivernal vers 24 mois puis le retour de la cyclicité après vêlage. Ces éléments participent à l'analyse des critères de reproduction : âge à la première saillie fécondante ; intervalle vêlage-vêlage.
La capacité laitière est définie par des mesures régulières de production laitière et le poids des veaux au sevrage.
La valeur bouchère constitue un élément important du bilan économique de ce type de production. À cet effet, à partir de 1997, les animaux seront engraissés lors de leur réforme en fin de quatrième lactation. Nous déterminerons ainsi leur aptitude à constituer du muscle en même temps que la répartition des tissus adipeux internes ; disposition à rapprocher de la faculté de l'animal à mobiliser ses réserves corporelles et donc son aptitude à s'adapter à la sous-alimentation.

180 vaches Charolaises doivent entrer dans ce programme de recherche. À ce jour, une petite moitié de ces vaches ont eu leur premier vêlage. Les femelles auxquelles on a fait suivre un programme à niveau de croissance "Haut" sont effectivement plus lourdes (+ 80 kg après le vêlage) que leurs consoeurs du niveau de croissance "Bas" mais faire des veaux plus lourds (46 kg contre 42 kg) entraîne chez elles une fréquence de vêlages difficiles plus importants (50 %) que pour les vaches à un niveau de croissance inférieur (20 % de vêlages difficiles).
Au sevrage, à 9 mois, les veaux ont tendance à être d'autant plus lourds que leur mère a eu un niveau de croissance plus élevé, mais les effectifs au stade actuel de l'expérience ne permettent pas d'appuyer ce constat sur une analyse statistique significative.


Photo : Gérard Paillard

30 années d'expérimentation en génétique quantitative et appliquée

Le troupeau génétique du domaine expérimental animal du Pin-au-Haras est rattaché pour ses thèmes scientifiques au département de Génétique animale depuis 1967, date de l'introduction des premiers animaux, conformément à un accord entre le département d'Élevage des Ruminants (Robert Jarrige), jusqu'alors seul utilisateur du domaine et le département de Génétique animale (Jacques Poly).

Dans l'esprit de ses concepteurs, ce troupeau devait fournir une base de données zootechniques originales (très précisément, sans équivalent dans les fichiers nationaux de contrôles de performances) pour l'étude de problèmes globaux de génétique quantitative : soit concernant les caractéristiques des races ou des types génétiques, soit concernant les caractères à sélectionner à l'intérieur des races.

Cette orientation a été maintenue jusqu'au début des années 1990 puis modernisée avec l'introduction des biotechnologies, en plus des performances zootechniques.

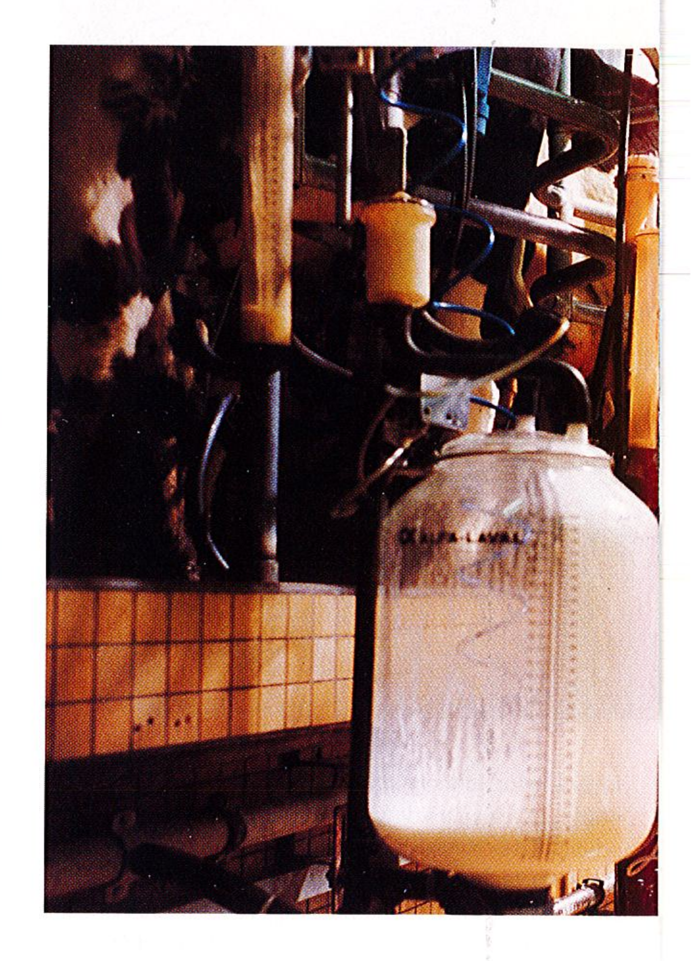
La difficulté principale liée à la poursuite de ces objectifs est la longueur des expérimentations, de l'ordre de 10 ans, vu la modicité des effectifs annuels utilisés (130 vaches pendant très longtemps) pour ce genre de thématique où les aléas statistiques jouent un grand rôle.

Toutes les expérimentations ont été menées en collaboration suivie avec les départements d'Élevage des Ruminants (principalement), de Physiologie animale, de Pathologie animale, d'Économie et de Technologie laitière (sur l'expérience principale ou sur de petites expériences ne biaisant pas la première).

Comparaison Holstein-Normande (1967-1978)

Les objectifs de la première expérimentation ont visé à comparer dans un système laitier (traite des mères, allaitement artificiel des jeunes), les performances (lait et viande) de 5 types génétiques : spécialisé pour la production laitière (Holstein canadienne), spécialisé pour la production de viande (Charolaise de type élevage), mixte (Normande) et les croisements Holstein x Normande et Charolaise x Normande.

Le choix de ces types était lié à la poursuite de deux objectifs. D'une part, on se proposait d'étudier la race Holstein qui était mal connue et qui constituait une sorte de curiosité à l'époque, en référence à un standard mixte Normand, qui était encore la race la plus représentée en France. D'autre part, on préparait les bases d'une étude de physiologie laitière comparée allant de la Charolaise à la Holstein, dans l'espoir de trouver des prédicteurs physiologiques précoces utilisables en sélection.



Les résultats obtenus n'étaient pas évidents au départ et ont contribué à préciser de manière réaliste les choix d'orientation qui se posaient à l'élevage français de l'époque.

En effet, la différence de production laitière entre la Holstein et la Normande a été trouvée de l'ordre de 1800 kg de lait en 305 jours, valeur considérable puisqu'elle équivaut à 3 à 4 écarts-types génétiques intrarace.

Le contrôle de l'efficacité alimentaire, au cours des trois premiers mois des deux premières lactations, a permis de constater qu'en allant de la Charolaise à la Holstein, en passant par la Normande, l'efficacité alimentaire métabolique est la même et que la meilleure efficacité alimentaire globale de la Holstein est pratiquement totalement liée à une plus grande dilution des besoins d'entretien dans des besoins totaux plus importants.

À côté de ces aspects favorables, la Holstein a montré de nombreuses faiblesses :

- moindre richesse du lait : diminution de 4 g de matière grasse et de 3 g de matière protéique par kg de lait,



Photo : Gérard Paillard

ce qui représente environ 2 écarts-types génétiques intrarace,

• performances bouchères (sur taurillons et vaches de réforme), nettement amoindries ; à part la vitesse de croissance : réduction de l'efficacité alimentaire, du rendement boucher, du rendement de la carcasse en viande et des épaisseurs musculaires,

• allongement de l'intervalle entre vêlages d'environ 20 jours (3 écarts-types génétiques intrarace).

Le bilan économique global a été clairement en faveur de la race Holstein : dans les conditions de l'étude (1977), les défauts cumulés de la Holstein n'équivalaient qu'à environ 1000 kg de lait, ce qui laissait encore une supériorité substantielle à cette dernière.

Les génotypes à viande Charolais et Charolais x Normand, n'ont malheureusement pas pu donner lieu à l'étude physiologique prévue. Les observations zootechniques sur ces génotypes ont néanmoins été effectuées pour donner une indication sur les complémentarités et les effets d'hétérosis * éventuels exploitables dans des systèmes de croisement (croisement industriel, utilisation des génisses croisées dans les troupeaux allaitants suivant une idée en vogue à l'époque).

On n'a pas trouvé d'effet d'hétérosis pour la quantité de lait, la composition du lait et l'efficacité alimentaire pour la production laitière chez les croisées Holstein x Normand et Charolais x Normand.

Des effets favorables d'hétérosis non négligeables (jusqu'à 10 %) ont été en revanche observés sur le croisement Holstein x Normand pour la vitesse de croissance, tant des taurillons que des génisses d'élevage, et pour les critères de reproduction des vaches et des génisses.

Bien que cela n'ait pas été le but poursuivi, il est possible de dire, avec le recul du temps, que cette expérimentation a contribué très largement à montrer que la "Holsteinisation" était (au moins à l'époque) une perspective économique crédible, même dans un contexte agronomique analogue à celui du Pin, c'est-à-dire essentiellement herbager et assez peu intensifié [1].

[1] Colleau J.J. : Ann. Génét. Sel. Anim. (1974), 6, 445-462 (1975), 7, 35-48 ; (1978), 10, 29-45. Colleau J.J. et Coll. : Bull. Techn. C.R.Z.V. (1976), 24, 55 - 61 ; (1979), 40, 13 - 17 ; (1980), 42, 25-70.

Sélection laitière divergente en race Normande (1975-1984)

Étant donné que les objectifs de sélection d'une race mixte telle que la Normande concernent à la fois les performances laitières et les performances bouchères, il est essentiel de bien connaître les liaisons génétiques qui existent entre les deux types de caractères pour définir des procédures de sélection efficaces par rapport aux attentes des éleveurs.

L'avantage d'un domaine expérimental par rapport à une station de contrôle individuel des taureaux laitiers où l'on enregistre leur croissance et leur efficacité alimentaire, est que l'on peut étudier la production de viande jusqu'au stade final de l'abattage et de la carcasse. En revanche, les effectifs sont limités et l'expérience doit être la plus performante possible pour un effectif donné. Les dispositifs de sélection divergente répondent à de tels impératifs.

À partir de 1975, on a donc procréé au Pin deux lignées de Normandes, l'une issue des meilleurs taureaux laitiers de la race (index très positifs), l'autre des plus mauvais taureaux (index très négatifs), d'ailleurs non agréés pour un usage public, conformément aux décisions de la loi sur l'Élevage (1966). On a observé les performances laitières et en réforme des vaches durant deux générations et les performances des taurillons sur trois générations.

L'analyse des réponses indirectes à la sélection laitière à l'intérieur de la race Normande sur les performances bouchères des taurillons, a montré qu'elles ne reproduisent pas obligatoirement les gradients observés quand on passe de la Charolaise à la Holstein (cf expérience précédente). En effet, on a trouvé une relation positive entre potentiel laitier et croissance musculaire ou proportion de protéines dans le poids vif vide (hors contenu digestif) alors que cette liaison est négative entre génotypes. Par ailleurs, on n'a pas trouvé de liaison

* Hétérosis : phénomène qui confère à l'hybride de première génération (F1) une vigueur générale plus grande que celle de ses parents. Encore appelée ***vigueur hybride***, l'hétérosis est liée à l'état hétérozygote du patrimoine génétique de la plante ou de l'animal hybride, Larousse agricole.

intrarace entre potentiel laitier et appétit ou efficacité alimentaire alors que la liaison correspondante au niveau génotypique est soit positive soit négative. On a tout de même observé, comme dans les comparaisons précédentes, que la compacité de la carcasse et les épaisseurs musculaires étaient en opposition avec le potentiel laitier : il s'agissait même là, du résultat le plus net de l'expérience.

Les vaches de réforme de la lignée basse étaient plus lourdes et plus grasses à l'abattage, en raison d'une suralimentation globale liée à leurs faibles besoins de production, ce qui complique l'interprétation génétique du résultat.

L'essentiel à retenir du volet "viande" est que la sélection laitière dégrade non les capacités de production de viande, mais uniquement la morphologie des carcasses. Si ce dernier poste est économiquement peu important (cf les grilles de prix), il doit être aisé de maintenir les capacités bouchères même en cas de sélection laitière [2].

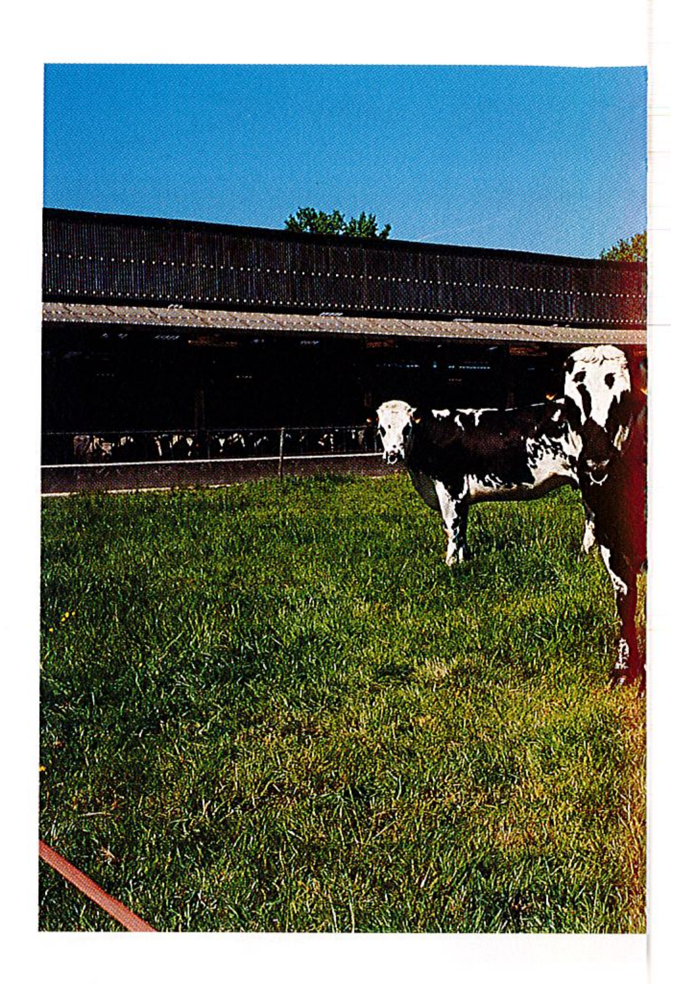
[2] Colleau J.J. et Coll. : Génét. Sel. Evol (1983), 15, 119 - 146.
Colleau J.J. et Coll. : Bull. Techn. C.R.Z.V. (1984), 57, 35 - 59.

Interaction race x système de conduite (1979 - 1993)

Cette très longue expérimentation a été décidée par la Commission Bovine de l'INRA en 1979. La démarche principale à l'époque a été liée à la constatation de la progression très rapide des niveaux génétiques laitiers dans le cheptel bovin français (intraraces et par changement de race). On s'est alors demandé quelles pourraient être les conséquences zootechniques (reproduction, état sanitaire et composition du lait notamment) et génétiques (objectifs de sélection) d'une telle évolution dans un contexte technico-économique (contraintes agronomiques, coût élevé des compléments énergétiques et protéiques) tel que la conduite de ces animaux ne serait pas à la hauteur de leur potentiel.

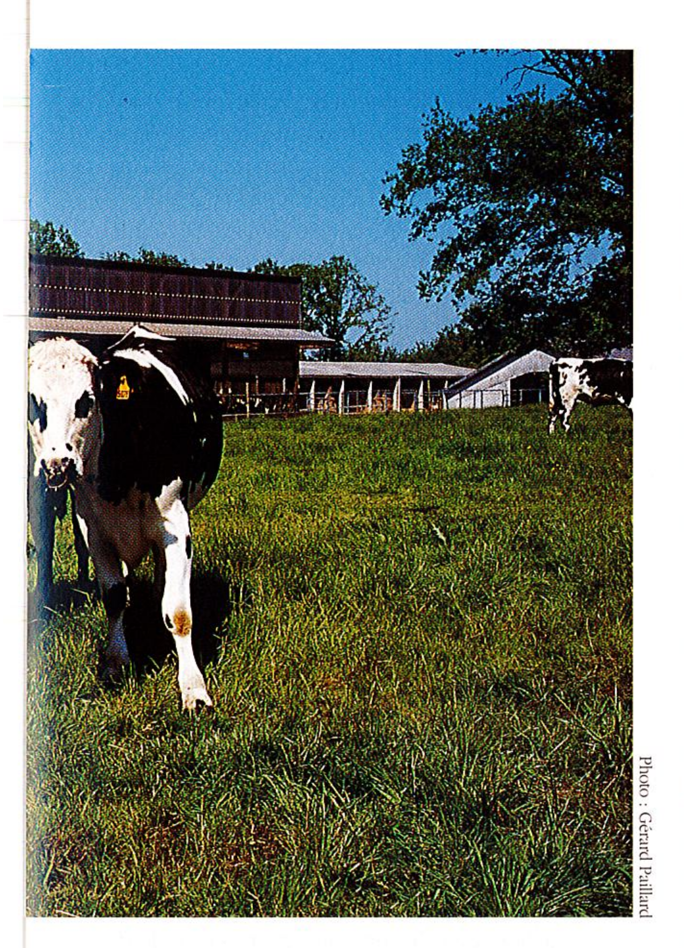
En conséquence, le troupeau du Pin a été mobilisé sur ce thème qui n'est qu'une analyse d'interaction génotype-milieu. En ce qui concerne les milieux (haut/bas) définis en collaboration avec le département d'Élevage des Ruminants, on a veillé à induire des différences importantes cumulées hiver comme été, sur 5 lactations. Dans le niveau "bas", on a provoqué sciemment des "erreurs" d'alimentation en limitant sévèrement les quantités de concentrés distribuées, en étant peu exigeant sur la qualité de la ration fourragère de base et en n'assurant aucune protection (distribution d'ensilage de maïs) contre les aléas climatiques en période de pâturage. Cette accumulation de facteurs défavorables a correspondu au souhait de la Commission bovine d'induire des différences très marquées de production laitière entre systèmes (environ 1000 kg de lait).

En ce qui concerne les génotypes, trois populations ont été mises en place. Les lots Holstein (français uniquement) et Normand sélectionnés très intensivement sur la production de matière utile (matière grasse + matière protéique) ont fourni des génotypes potentiellement exigeants. Le troisième lot dit "Holstein témoin" a été issu d'un même groupe limité de taureaux, placé autour de la moyenne des taureaux Holstein français disponibles en 1979. Son rôle a été à la fois statistique (pour permettre une meilleure estimation des effets "systèmes") et génétique, car il peut être interprété aussi au sens d'un lot Holstein peu sélectionné. On peut donc, théoriquement au moins, examiner si les réponses indirectes à la sélection laitière en milieu "haut" et en milieu "bas" sont les mêmes ou non.



Les effectifs annuels impliqués dans cette expérimentation ont été de l'ordre de 150 vaches laitières, 75 génisses de renouvellement vélant à l'âge de 24 ou 36 mois, 70 veaux de boucherie. On a au total disposé de 1262 lactations et des performances de 630 génisses d'élevage. Les contrôles ont été intensifs et ont porté sur le lait (quantité et composition), la consommation hivernale, les profils hormonaux liés à la reproduction, l'évolution des poids et la valorisation en vache de réforme. Parallèlement, la gestion des pâturages a été enregistrée en détail.

En raisonnant en lait standard (lait à 38°/oo de matière grasse et à 32°/oo de matière protéique) les Holstein du niveau "haut" ont surclassé les Normandes de 2000 kg


Photo : Gérard Paillard

en moyenne alors que cet écart a été ramené à 1640 kg en niveau "bas". Ceci veut dire aussi que l'effet défavorable du niveau "bas" a été plus élevé en race Holstein qu'en race Normande mais il n'a pas dépassé 700 kg de lait par lactation. Le taux protéique du lait a diminué en niveau "bas" de la même manière pour les deux races (1 g par kg). Parallèlement, le taux de matière grasse a augmenté en race Holstein mais diminué en race Normande.
En dépit d'une réalisation partielle, des recommandations de la Commission Bovine n'avaient pas été réalisées (en raison essentiellement des phénomènes de compensation estivale) les Holstein ont plus mal supporté le niveau "bas" que les Normandes : les poids et états corporels adultes ont été nettement altérés et surtout le taux de réforme par lactation a été quasiment triplé (19 % en niveau "bas" à comparer à 7 % en niveau "haut").
Une telle série d'interactions montre bien la complexité des phénomènes en jeu. Il est évident qu'elle peut conduire à une certaine perplexité à propos de la réponse à donner à la question posée initialement en 1979, perplexité encore aggravée parce qu'on doit tenir compte de l'instauration des quotas laitiers en 1984.

En conséquence, il a été décidé de recourir à la simulation pour tenter de répondre de manière synthétique aux questions que pose actuellement la profession et qui sont toujours, *in fine*, globales. On peut les résumer de la manière suivante : dans une ferme ayant une surface et un quota laitier donnés, quelle est la meilleure stratégie définie en terme de combinaison race x conduite ?
La simulation doit bien sûr s'appuyer sur les résultats détaillés observés au Pin sur les animaux et les surfaces qu'ils ont utilisées. Freînée par la mise en place, très consommatrice en temps, de l'expérimentation de détection de QTL (cf plus loin), cette simulation est en voie d'achèvement et devrait logiquement montrer une réduction très importante de l'intérêt de la Holstein en niveau bas, par rapport à celui observé en niveau "haut" [3].

[3] Daburon E. et Coll. : Bull. Techn. C.R.Z.V. (1985), 60, 5-11.
Vertés C. et Coll. : INRA Prod. Anim. (1989), 2 (2), 89 - 96.
Troccon J.L. et Coll : INRA Prod. Anim. (1993), 6 (4), 277 - 288.

Effets de la somatotropine sur trois lactations (1989 - 1994)

Ce thème n'est bien entendu qu'à faible connotation génétique. Cependant, il a été abordé parce que l'expérimentation de détection de QTL (cf plus loin), déjà souhaitée à l'époque, n'était pas encore possible vu l'état des connaissances concernant les biotechnologies de la reproduction et surtout du génome. Cependant la progression pouvant être rapide dans ce domaine, il fallait éviter d'engager le troupeau dans une nouvelle thématique à long terme dont il aurait été difficile de se dégager ensuite.
Il a donc été décidé de procéder à un essai à court terme (pour les généticiens) visant à compléter nos connaissances dans un domaine très controversé à l'époque, celui de l'utilisation de l'hormone de croissance bovine (somatotropine ou BST) sur les vaches laitières.

Dans un essai conduit avec une firme (ce qui implique encore une certaine confidentialité des résultats), on a donc cherché à évaluer l'impact de traitements répétés (6 à 8 injections espacées de 28 jours à chaque lactation) au cours de la carrière des vaches (3 lactations) sur la production laitière, la reproduction et l'état sanitaire. Par ailleurs on a eu pour objectif de modéliser la réponse à la BST (moyenne, variabilité d'un individu à l'autre) à partir des résultats enregistrés, de façon à préparer de manière réaliste les méthodes de correction des données enregistrées dans les circuits nationaux à partir de vaches laitières et servant à l'indexation laitière, pour le cas où l'utilisation de l'hormone de croissance serait autorisée dans le cadre de la CEE.
Trois lots de 45 animaux (30 Holstein et 15 Normandes), présents au départ en première lactation, ont été mis en place. Le premier lot n'était pas traité et avait une alimentation non intensive ; le second était traité et

recevait le même régime alimentaire que le lot précédent, le troisième était traité et alimenté de manière intensive. En régime non intensif, la production laitière a été accrue par la BST de 450 kg par lactation avec une composition du lait peu affectée. L'intensification de l'alimentation des animaux traités à la BST a augmenté la production de 500 kg de lait, réduit le taux butyreux de 0.7 g par kg et augmente le taux protéique de 0.8 g par kg.
On a pu constater par ailleurs, une grande variabilité individuelle de réponse.
De façon inattendue, c'est dans le troisième lot (avec BST et alimentation intensive) qu'on a rencontré le plus de réformes au cours des trois lactations étudiées.

** Introgression : processus par lequel du matériel génétique est transféré d'une espèce ou d'un complexe d'espèces dans un autre par le biais de l'hybridation. Cette technique est très utilisée en sélection pour élargir la base génétique à l'origine d'un programme d'amélioration génétique.

Détection de gènes différenciant la Holstein de la Normande (à partir de 1993)

Des gènes à effet individuel important (dits QTL : Quantitative Trait Locus) sur les caractères zootechniques peuvent être détectés à l'aide de marqueurs moléculaires (séquences d'ADN variables d'un individu à l'autre et bien réparties dans le génome).
L'INRA a lancé en parallèle, deux grands programmes de détection de QTL chez les bovins laitiers :

• le premier, en étroite collaboration avec la profession, repose sur les données nationales et vise à rechercher les gènes qui expliquent la variabilité génétique à l'intérieur des races, pour augmenter l'efficacité de la sélection ;



Photo : Gérard Paillard

• le second réalisé au domaine du Pin, vise à rechercher les gènes qui différencient les races Holstein et Normande pour des caractères classiques tels que le taux protéique et des caractères plus biologiques (collaboration multidisciplinaire au sein de l'INRA), de manière à préparer dans le futur des techniques de croisements ciblés (introgression ** des seuls gènes favorables de la race donneuse dans la race receveuse).

La simple comparaison des performances d'animaux de races pures typés pour une série de marqueurs, ne permet pas de déterminer les gènes qui expliquent leurs différences. Pour cela, il faut réaliser une population où le brassage des gènes est systématique, les individus recevant les gènes de l'une ou l'autre race au hasard. Cette population peut être réalisée en croisant des mâles F1 avec des femelles F1, issus du croisement de première génération.
Cette population s'appelle une F2. Les individus peuvent y être homozygotes pour les gènes de l'une ou l'autre race, ou hétérozygotes, en fonction du génotype observé pour les marqueurs. Un QTL est détecté au voisinage d'un marqueur, s'il existe des différences significatives de performances entre génotypes à ce marqueur. Pour augmenter son efficacité, ce test doit être effectué intra famille de même père et de même mère.
La taille et la structure du dispositif ont été déterminées par simulation, de telle sorte que la puissance de détection d'un QTL expliquant le tiers de la différence entre races pour un caractère très héritable, tel que le taux protéique, soit de 90 %. La puissance est définie comme la probabilité de détecter un QTL quant il existe réellement (malheureusement, il peut y avoir aussi des détections erronées).

En simplifiant, 5 mâles d'insémination Holstein sont croisés avec 15 femelles normandes et vice-versa, pour donner 10 mâles reproducteurs F1 et 120 femelles reproductrices F1, qui accouplés entre eux procréent 600 femelles F2 qu'on observe jusqu'à la fin de la première lactation au moins. On ne peut atteindre ces objectifs dans les délais les plus rapides qu'en ayant recours à des techniques intensives de reproduction telles que le transfert embryonnaire et le sexage d'une partie des embryons.
À ce jour, la totalité des mâles F1 et une partie des femelles F1 ont été procréés. Les premiers animaux F2 naîtront à l'automne 1996. En rythme de croisière, il y a 200 vêlages par an qui donnent 130 veaux femelles utilisables pour le typage des marqueurs et les contrôles zootechniques. Les opérations techniques de reproduction sont effectuées en relation avec le centre d'Insémination de l'Aigle (Orne) et les typages en collaboration avec le laboratoire de Génétique biochimique et de Cytogénétique et le laboratoire LABOGENA (centre de recherches de Jouy-en-Josas).



Les domaines du Pin-au-Haras quelques données

Les domaines expérimentaux du Pin-au-Haras sont installés à proximité du site du Haras National du Pin dont ils utilisent, par l'intermédiaire de l'administration des domaines, 420 hectares.

Ces domaines expérimentaux ont été créés en 1957 avec pour objectif l'étude des potentialités des prairies normandes et leur valorisation. Situés à la pointe sud du pays d'Auge, en bordure de la zone du Merlerault, ils s'étendent de part et d'autre de la rivière l'Ure, comprenant ainsi des zones alluvionnaires de fond de vallée et des pentes lessivées entre 180 et 240 m d'altitude.

Le domaine végétal

Le domaine expérimental fourrager du Vieux Pin dépend du département Génétique et Amélioration des Plantes (DGAP).
• 12 personnes participent aux activités du domaine : 1 ingénieur, 5 responsables techniques et 6 agents ou adjoints d'expérimentation.
• Sur le domaine fourrager de 90 hectares, 30 hectares sont affectés à l'expérimentation prairiale en micro-parcelles et à l'homogénéisation, alors que 60 hectares sont utilisés par le troupeau Charolais du département Élevage et Nutrition des animaux.
Le domaine dispose de 3500 m² de bâtiments d'élevage et de hangars, de 1200 m² de fosses et fumières, d'une serre de 100 m² et de 200 m² de bureaux.
• Outre les travaux conduits par les stations du DGAP et le GEVES, le domaine réalise ou participe à de nombreuses publications : 77 publications scientifiques et techniques (dont 39 dans "Fourrages" revue de l'AFPF), 22 communications lors de congrès et colloques, 55 articles de presse et 34 rapports de stage.
• Le domaine dispose d'un budget de fonctionnement de 700 KF.

Équipe du domaine végétal : Jean-François Bourcier (technicien prairies), Frédéric Brunet (technicien maïs), Olivier Edy (agent d'expérimentation), Christiane Gatel (agent d'expérimentation), Philippe Georget (chef de culture), Christine Gourbe (secrétariat), Alain Jambu (chef de l'équipe expérimentation), Gabriel Leau (technicien graminées et GEVES), Marcel Lecomte (agent d'expérimentation), Daniel Leconte (directeur du domaine), Lucien Pauloin (agent d'expérimentation), Patrick Vorières (animalier).

INRA Domaine expérimental fourrager
Le Vieux-Pin, 61310 Le Pin-au-Haras. Tél. 33 12 12 50. Fax. 33 36 53 44

Le domaine animal

Le domaine expérimental animal du Pin est placé sous la responsabilité de la direction scientifique des Productions animales. Deux départements de recherches (Génétique animale [1], Élevage et Nutrition des Animaux) par l'intermédiaire de 4 unités de recherches : Génétique quantitative et appliquée (Jouy-en-Josas), recherches sur la Vache laitière (Rennes), Adaptation des Herbivores aux Milieux et Croissance et Métabolisme des Herbivores (Theix), valorisent les moyens existants.
• 38 personnes assurent la conduite et la gestion des différentes opérations expérimentales : 1 directeur de domaine, 6 responsables techniques dont 5 ingénieurs, 21 animaliers (trayeur ou viande) et 10 agents d'exploitation (tractoristes, entretien).
• 125 publications environ ont été produites.
• 15 personnes vivent au domaine en permanence.
• les 330 hectares dont 320 de SAU sont réservés à la monoculture fourragère : 40 hectares de maïs ensilage ; 90 hectares de prairies permanentes ; 200 hectares de prairies temporaires (ray-grass anglais).
Depuis 1980, 200 hectares ont été drainés avec l'appui technique de la Science du Sol (Dijon, Orléans)
Le domaine comprend 140 parcelles élémentaires de 0.5 à 12 hectares.
Un réseau de 18 km enterré approvisionne en eau les différentes parcelles.
Les surfaces couvertes (bâtiments d'élevage et de stockage) représentent 1.5 hectares [2].
Le domaine assure la gestion expérimentale de 60 hectares de prairies au Vieux Pin pour la conduite de troupeaux expérimentaux allaitants (70 vaches et le renouvellement) basés sur le site.

• Matériels et moyens :
- 280 vaches laitières et 300 femelles de renouvellement (production laitière annuelle 1600 tonnes),
- 160 boeufs (Normand, Croisé, Charolais, Blond d'Aquitaine)
- 100 vaches allaitantes (Charolaises), 60 génisses de renouvellement, 100 veaux de l'année (Broutards), 5 taureaux sont utilisés dans le cadre des expérimentations.

Budget de fonctionnement (autofinancé à 95%) : 4700 KF

• Le domaine récolte annuellement 3000 tonnes d'ensilage d'herbe, 2000 tonnes d'ensilage de maïs et 300 tonnes de foin.
Il achète 800 tonnes de paille et valorise les 5000 tonnes d'effluents (fumier, lisier) produits.

Équipe du domaine animal : Jean-Luc Alleaume (animalier), Marie Christine André (restauration), Michel Aubry (agent d'expérimentation), Edouard Baucher (anima-

[1] Le département de Génétique animale assurant la responsabilité fonctionnelle (personnel, moyens) du domaine.

[2] Bâtiments :
• d'élevage :
- stabulation libre et entravée : 1000 places de cornadis (système de blocage de la tête des animaux)
- 2 salles de traite dont 1 en trigone : 16 postes
- surface utilisée ou couverte : 9100 m²
- locaux de stockage couverts : 2700 m²
- silos (capacité de stockage) : 6800 m³ soit près de 5000 tonnes d'ensilage
- cellules ou silos grains : 420 m² soit 280 tonnes
- effluents d'élevage capacité actuelle : plate-forme fumier : 1300 m² et fosse à lisier : 1850 m³
• locaux administratifs, sociaux : 1480 m², 12 logements de fonction, bureaux, salle de réunion.

lier), Benoît Blanchet (chef de culture), Gaël Boullet (animalier), Alain Bouttier (technicien lait), Sylvain Busnot (animalier), Bernard Camp (animalier), Joseph Chauvin (chef d'équipe du domaine), Jacques Chedhomme (animalier), Stéphane Clouard (agent d'expérimentation), Philippe Coeuret (animalier), René Cottereau (agent d'expérimentation), Emile Daburon (directeur du domaine), René Dernaucourt (animalier), Benoît Deslandes (animalier), Jean-Luc Deust (animalier), Claude Domin (animalier), Dominique Dozias (ingénieur viande), Jacques Fortin (agent d'expérimentation), Yves Gallard (chef d'élevage), Jean-Bernard Gautret (agent d'expérimentation), Robert Gelineau (animalier), François Geslin (animalier), Guy Guenard (agent d'atelier), Françoise Hureau (régisseur), Hubert Jouandet (animalier), Dominique Lainé (animalier), Jocelyne Lainé (secrétaire), Pierre Lainé (animalier), Sébastien Lavillatte (animalier), Claude Ollier (chauffeur poids lourd), Jean-Rémy Peccatte (chef d'élevage), Bernard Ribot (agent d'expérimentation), Moïse Rouillon (agent d'expérimentation), Laurent Thaunat (responsable reproduction), Marc Vimont (animalier).

INRA Domaine expérimental animal du Pin
Borculo, 61310 Exmes. Tél. 33 39 61 00. Fax. 33 39 61 19.

Qu'est-ce qui a changé dans les conditions de travail ?

À partir des années 80, le travail très manuel est devenu de plus en plus mécanisé et automatisé ; particulièrement avec l'enregistrement informatique des données .
Le développement de ces automatismes permet à la fois d'améliorer les conditions de travail et d'accroître la capacité de mesures expérimentales aussi bien dans le domaine animal que végétal : production fourragère, échantillons pour mesurer la matière sèche, échantillonnage pour étudier la composition du lait, mesure des refus, métabolisme des moutons, pesées tous les 15 jours des bovins, prises de sang...

Animal
• le grand rabot en V qui glisse pour nettoyer les étables du lisier permet de gagner du temps et diminue la fatigue,
• la pailleuse étale sur le sol les grandes balles de paille pour changer les litières ; ce qui permet une plus grande propreté des mamelles, réduit les mammites et diminue la pénibilité,
• des distributeurs de concentré (DAC) permettent une alimentation programmée individuelle à l'aide d'un collier à puce informatisé pour les bovins et les veaux,
• une caméra vidéo de veille la nuit en période de vêlage (décembre, janvier, février),
• des bascules électroniques au gramme près aujourd'hui,
• des mesures comportementales au pâturage suivant le schéma expérimental : toutes les 5 minutes, on compte le nombre d'animaux qui flânent, dorment, mangent, le nombre de bouchées ingérées par l'animal.
...

Végétal
Les premières années, les pépinières de ray-grass étaient fauchées, on désherbait et l'on semait à la main. Aujourd'hui les conditions sont différentes :
• motofaucheuse pour mesurer les quantités d'herbe disponible pour les animaux et récolteuse pour les parcelles fauchées,
• petit appareil portable Huski pour saisir les données ; des essais d'enregistrements vocaux sont testés,
• les engrais sont épandus à la machine (il suffit maintenant d'une personne et c'est moins pénible),
• herbomètre pour apprécier la hauteur du couvert végétal. Une licence de savoir-faire INRA a été déposée pour cet appareil qui permet d'enregistrer très rapidement un grand nombre de mesures,
• les semis se font avec des semoirs mécaniques ; des "pilotes" ont été mis au point avec les écoles techniques proches,
• les étuves de séchage des fourrages dont l'efficacité a été astucieusement facilité par un système récupéré par l'ancien directeur du domaine, René Laissus, auprès d'un prêtre qui tenait le petit cinéma de campagne,
• les machines sont adaptées aux terrains humides à partir d'acquis obtenus pour des terrains de golf.
...

Mécanisation ou pas, depuis 1978, un mécanicien doué du génie du bricolage veille à ce que la recherche puisse disposer d'un matériel inventé ou adapté à ses besoins qui diffèrent de ceux des éleveurs sans compter les indispensables réparations.
Il est chargé des achats, de la fabrication des pièces ; il a notamment mis au point les étuves de séchage des fourrages évoquées.
L'atelier est si accueillant qu'il abrite depuis des années des nids d'hirondelles ;
en ce printemps 96, il y en a huit, et protection et génie mécanique obligent, chaque nid est pourvu d'un petit plateau suspendu qui recueille ce qui tombe afin de ne pas salir outils, appareils et êtres humains.

Ont contribué à élaborer ces textes
Équipe du domaine végétal : François Balfourier (ray-grass anglais, Clermont) / Yves Barrières (maïs, Lusignan) / Cyrille Bauland (maïs, Mons) Michèle Betin (ray-grass italien, Lusignan) / Alain Charcosset (maïs, Le Moulon) / Marc Ghesquière, animateur du CSU (graminées, Lusignan) Laurent Hazard (ray-grass anglais, Lusignan) / Daniel Leconte (directeur du domaine, Vieux Pin)
Équipe du domaine animal : Jean-Jacques Colleau, animateur CSU (Génétique quantitative et appliquée, Jouy-en-Josas) / Émile Daburon (directeur du domaine, Expérimentation animale, Le Pin-au-Haras) / Marie-Laure Decau (Agronomie, Caen) / Luc Delaby (Recherches sur les Vaches laitières, Rennes Saint-Gilles) / Dominique Dozias (Expérimentation animale, Le Pin-au-Haras) / Yves Gallard (Expérimentation animale, Le Pin-au-Haras) Hélène Larroque (Génétique quantitative et appliquée, Jouy-en-Josas) / Didier Micol (Adaptation des herbivores aux milieux, Theix) Michel Petit (Adaptation des herbivores aux milieux,Theix) / Jean-Louis Troccon (Recherches sur les Vaches laitières, Rennes Saint-Gilles)
Histoire : Claude Béranger (Paris) / **L'INRA et la Basse-Normandie** : Jean Salette (Angers)

Directeur de publication : Marie-Françoise Chevallier-Le Guyader / Responsable du dossier : Denise Grail / Secrétariat : Frédérique Chabrol
INRA, Direction de l'Information et de la Communication (DIC), 147 rue de l'Université, 75338 Paris cedex 07. Tél. (1) 42 75 90 00.
Conception et réalisation : Pascale Inzérillo. Imprimeur : Moselle-Vieillemard. Photogravure : Studio Point 4
ISSN 1156-1653 Numéro de commission paritaire : 1799 ADEP.

